

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

S

HAWKING VE TANRI'NIN AKLINDAN

LER

HAWKING VE TANRI'NIN AKLINDAN GEÇENLER

PETER COLES
CEVİRİ: ADİL BAKTIYA

POSTMODERN
EVEREST
HESAPLAMALAR

PETER COLES

Kozmoloji eğitimi gördükten sonra, galaksilerin doğuşu ve evrendeki büyük çaplı yapılar üzerine araştırmalarını sürdürdüğü Nottingham Üniversitesi'nde astrofizik profesörü olmuştur.

ADİL BAKTIAYA

1969, Antakya doğumlu. İstanbul Üniversitesi İşletme'den mezun olduktan sonra, Uluslararası İlişkiler Bölümü'nde "On Dokuzuncu Yüzyıl Ortadoğu Tarihi" konulu doktorasını yapıyor.

Peter Coles

Hawking ve
Tanrı'nın Aklından
Geçenler

Türkçesi:
Adil Baktıaya



Düşünce Dizisi 10

Hawking ve Tanrı'nın Aklından Geçenler
Peter Coles

Kitabın özgün adı
Hawking and the Mind of God
Icon Books, 2000

Kapak tasarımı: Mithat Çınar
İngilizce'den çeviren: Adil Baktıaya
Yayına hazırlayan: Osman Akınhay

© 2000, Peter Coles
© 2001; bu kitabın Türkçe yayın hakları
Kesim Ajans aracılığıyla Everest Yayınları'na aittir.

Birinci Basım: Haziran 2001
ISBN: 975 - 316 - 829 - 2

Baskı ve Cilt: Melisa Matbaacılık

EVEREST YAYINLARI
Çatalçeşme Sokak No: 52/2 Cağaloğlu/İSTANBUL
Tel: 0 212 513 34 20-21 Fax: 0 212 512 33 76
Genel Dağıtım: Alfa, Tel: 0 212 511 53 03
Fax: 0 212 519 33 00
e-posta: everest@alfakitap.com
www.everestyayinlari.com

Everest, Alfa Yayınları'nın tescilli markasıdır.

**HAWKING VE
TANRI'NIN AKLINDAN
GEÇENLER**

Hawking Fenomeni

İngiliz kuramsal fizikçi Stephen Hawking medyada yıldız olmuş birkaç bilim adamından birisidir. *A Brief History of Time* (Zamanın Kısa Tarihi, 1988) adlı eseri, dünya çapında bir bestseller olmuş, kendisi de -çoğu bilim adamı gibi- bilimsel belgesellerle sınırlı kalmayıp, reklamlarda ve başka programlarda boy göstermiştir. Hawking, ağır hastalığının getirdiği engeller nedeniyle hemen dikkatleri üzerine çe-

kebilen birisidir. Cambridge’te öğrenci olduğu yirmili yaşlarının başlarından itibaren, ilerlemiş motor nöron hastalığının (*amyotrophic lateral sclerosis*) acısını çekmiş, sonra tekerlekli sandalyede yaşamaya mahkûm olmuş ve kendisine bağlanmış olan bilgisayarı kullanmak dışında hareket etme yetisini neredeyse tamamıyla yitirmiştir. Üstelik, 1980’lerin ortalarında traketomi nedeniyle de konuşamaz hale gelmiştir. Şu anda bir konuşma sentezleyicisinden çıkan, ürkütücü ve mekanik bir sesle konuşmaktadır.

Cefalı bir bedeninin içine hapsolmuş ve en temel iletişim vasıtalarından mahrum kalmış bir insanın böylesine bir ün kazanması gerçekten dikkat çekicidir. Daha da dikkat çekici olan, bu insanın, modern zamanların en yaratıcı ve en etkili bilim adamları arasında sayılmak gibi olağanüstü bir kariyeri elde edebilmek için önüne çıkan devasa engellerin üstesinden gelebilmesidir.

Ancak Hawking fenomenine dair söylenebilecekler, onun bilimsel çalışmalarına

dair söylenebileceklerden daha çoktur. Yirminci yüzyıl fiziğinin tarihi, Paul Dirac, Richard Feynman, Erwin Schrödinger ve tabii ki Albert Einstein gibi isimlerin ulaştığı büyük entelektüel başarılarla doludur. Bu dahiler dizisi içinde yalnızca Albert Einstein hepimizin aşına olduğu bir isimdir. *The Observer* gazetesi 1998'de insanların gündelik yaşamlarını etkilemeyi kıstas alan bir haberinde Hawking'i İngiltere'nin en güçlü 68. adamı ilan etmişti. Medyanın ve -belki de- halkın gözünde, Hawking ve Einstein, fizikçi şöhretler salonunda birbirlerine yakın bir yerde duruyorlar. Gerçekten de Stephen Hawking, *Star Trek: The Next Generation*'da boy gösterdiğinde (kendini oynuyordu), Sir Isaac Newton ve Einstein'la yan yana duruyordu.

Benim bu kitapta yapmak istediğim, Stephen Hawking'in çalışmalarına ve onun toplumdaki yerine daha doğru bir perspektifle bakmaya çalışmaktır. Benim savım, onun bilimsel başarılarından, hastalığından dolayı oluşan sempatiden ya da bu ikisinin

bir bileşiminden çok, Hawking fenomeni-
nin kendisiyle ilgilidir. Bu konuda yeni bir
şeyler söylemek ise, ancak Hawking'i, şu
son yüz yıllık süre içinde, yalnız bilimin
kendisinde değil, ayrıca insanın doğayla
ilişkisinde gerçekleşen muazzam değişimler
bağlamında ele almakla mümkün olabilir.

Elinizdeki kitabın başlığı, *A Brief His-
tory of Time*'ın, Hawking'in "Tanrı'nın ak-
lından geçenleri bilme" tutkusunu dile ge-
tirdiği son cümlesinden gelmektedir. Bu
ifade, Hawking'in soyut matematik kura-
mının boğucu dünyasının ötesinde sahip
olduğu daha büyük rolü anlama açısından
kilit önem taşımaktadır. Bunun nedenini
anlamak için de fizikte modern çağın ba-
şından itibaren yaşanan gelişmeleri incele-
mek de gerekir.

Fiziğin Kısa Tarihi

Ne kadar tuhaf bir numerolojik tesadüf-
tür ki, Stephen Hawking, modern bilim a-
ęında en ufuk açıcı çabaları sergileyen Gali-

leo Galilei'nin ölümünün 300. yıldönümünün ertesi günü dünyaya gelmiştir. Fakat elinizdeki bu metnin amacı dikkate alındığında, en iyi yol, hikâyemize ilk gerçek matematiksel fizikçi ve dolayısıyla Stephen Hawking'in doğrudan selefi olan Sir Isaac Newton'la başlamak olacaktır. Kuramsal fiziğin ilk büyük başarısı, Newton'un mekanik kuramıydı. Üç basit yasayla ifade edilebilen bu kuram, fizik eğitimleri okul yıllarında gördüklerinden ibaret olanlar tarafından bile kolayca hatırlanabilir:

i) Her cisim, dışarıdan konumunu değiştirmeye zorlayan bir kuvvet uygulanmadığı takdirde durağan kalır ya da düz bir çizgide sabit bir biçimde hareket etmeyi sürdürür.

ii) Cisimlerin ivmelerindeki değişim, ona etki yapan kuvvetle orantılıdır ve o kuvvetin yaptığı etkinin yönündedir.

iii) Her hareketin daima aynı miktarda ve ters yönde etki yapan bir karşı hareketi vardır.

Hareketin bu üç yasası geneldir; bir bilardo masasındaki topların hareketine olduğu kadar, gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketlerine de kusursuz bir şekilde uygulanabilir. Gezegenlerin hareketinin, Yeryüzü'ndeki cisimlerin, örneğin bir ağaçtan düşen elmanın bağlı olduğu aynı matematiksel yasayla tanımlanabileceği Newton'un görüşüydü. Newton bir cismin dairesel bir yörüngede hareket edişinin, Ay'ın Dünya'nın etrafında dönüşü gibi, hareketin merkezi yönünde etki eden bir kuvvetin sonucu olduğunu fark etmişti (tıpkı birinin bir ipin ucuna bağlayıp başının üzerinde döndürdüğü bir ağırlık gibi). Bir elma, onu Yer'in merkezine doğru çeken bir kuvvet hisseder. Bu görüşten hareket eden Newton, Johannes Kepler'in bir asrı aşkın bir süre önce ele almış olduğu gezegenlerin hareketini açıklayabilen bir Evrensel Çekim kuramı geliştirmişti. Bu, görünüşte birbirinden ayrı fenomenlerin *birleştikleştirildiği*, yani tek bir matematiksel kuram içine alındığı ilk örnekti.

Evrenin Newton'un hareket yasalarına göre işlediği fikri, bilimsel düşünceye iki yüzyıldan daha uzun süre hâkim olmuştu. Fakat bundan daha yaygın olarak, Newton'un başarıları bir saat kadar düzenli işleyen ve kusursuz bir şekilde öngörülebilir bir kozmosu işaret etmekteydi. Güneş Sistemi'nin herhangi bir andaki durumunu bilen birisi, onun gelecekteki herhangi bir andaki durumunu da tam bir güvenle öngörebilirdi. Muhafazakârca olmasa da derinden inançlı birisi olan Newton, istemeden Tanrı'nın rolünü değiştirmişti. Tanrı, dünyanın gündelik gidişine müdahale etmek yerine, sadece dünyayı yaratmış ve sonra da onu kendi haline bırakmıştı.

Bu, kesin bir şekilde öngörülebilir evren anlayışı, on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar egemenliğini korudu. Fakat aynı sıralarda, bilimin diğer dalları Newton örneğinden ilham alarak matematiksel fizikçilerin titiz incelemelerine konu olacaktı. Bunların arasında elektrik ve manyetik kuramı başı çekiyordu. Nesnelerin elekt-

rikle yüklenebildiği ve aynı kutuplarla yüklenmiş parçalar birbirini iterken, farklı kutuplarda elektrik yüklenmiş nesnelerin birbirini çektiği bilinen bir şeydir. Bu fenomeni açıklayan Coulomb'un elektrostatik yasası, Newton'un yerçekimi yasasına çok benziyordu. Michael Faraday (Margaret Thatcher'in en beğendiği bilim adamı olması kendi kusuru değildir), elektriğin ve manyetiğin birbirine bağlı olduğunu gösteren muhteşem bir deney yapmıştı. Hareket eden elektrik, manyetik bir güç yaratıyordu; oysa fiziğin daha erken tarihlerinde, bunların tamamen farklı türde fenomenler olduğu düşünölmekteydi. James Clerk Maxwell, bugün elektromanyetik etkileşimler şeklinde bilinen bu ilişkinin karakterini, Maxwell denklemleri şeklinde bilinen bir dizi matematiksel yasa yardımıyla açıklığa kavuşturan ilk kişi oldu. Daha sonra bu tür çalışmalar, ışık hızında seyreden dalgalarda elektriğin ve manyetiğin birbirine dönüşebildiğini gösterdi. Bu ise ışığın bir elektromanyetik dalga biçimi

olduğunun ve başka elaktromanyetik dalga türleri (örneğin radyo dalgaları) olabileceğinin fark edilmesini sağlayacaktı.

Bu program öylesine başarılıydı ki, on dokuzuncu yüzyılın sonunda fizikçiler, yakında tüm fiziksel fenomenlerin Newtoncu yaklaşıma boyun eğeceğine içtenlikle inanıyorlardı. Oysa kısa bir süre sonra bu güvenleri paramparça olacaktı.

Kuantum Dünyası

Yirminci yüzyılın ilk yılları fizikte iki devrime şahit olmuştu. Bunlardan birincisi, kuantum mekaniğinin doğuşuydu. Bu bakış açısı, dünyanın Newton'un hareket yasası üzerine kurulu olduğu yolundaki mekanik görüşü sonsuza kadar değiştirmişti. Yukarıda değindiğim gibi, Newtoncu fiziğe göre işleyen bir evren *deterministiktir*; öyle ki, verili bir zamanda bir sistemin tüm parçalarının konumları ve hızlarını bilen birisi, onun ileride, herhangi bir zamandaki davranışlarını da öngörebilirdi.

Kuantum mekaniği, bu kuramın asli ögelerinden biri olan, temelde “parçacıkların davranışı içkin olarak öngörülemezdir” ilkesiyle (günümüzde bu, Heisenberg Belirsizlik İlkesi diye bilinmektedir) birlikte tüm bunları değiştirmişti.

Kuantum kuramına göre, dünyadaki her varlık ikili bir doğaya sahiptir. Klasik fizikte doğal fenomenleri tanımlamak için iki farklı kavram kullanılır: dalgalar ve parçacıklar. Kuantum fiziği bize bu iki kavramın mikroskobik dünyaya ayrı ayrı uygulanamadığını söylemektedir. Önceden parçacık olarak tahayyül ettiğimiz şeyler (nokta-benzeri cisimler) bazen dalga gibi hareket edebilirler. Bizim daha önce dalga olarak düşündüğümüz fenomenler, bazen parçacıkmış gibi hareket edebilirler. Örneğin, ışık bir dalga fenomeni gibi hareket edebilir; prizmalar ve lensler aracılığıyla girişim ve kırınım etkileri gözlemlenebilir. Dahası Maxwell, ışığın, dalga denklemi denilen matematiksel bir denklemle tanımlanabileceğini göstermiştir.

Böylece bu kuramla birlikte ışığın dalga doğası öngörölmüş olmaktadır.

Diğer yandan, Max Planck'ın sıcak cisimlerin yaydığı radyasyonla ilgili çalışması, ışığın onun *kuanta* dediğı ayrı paketler içinde geliyormuş gibi hareket ettiğini göstermiştir. Ancak Planck, bu kuantaların parçacıklar olarak tanımlanabileceğı konusunda tereddütte kalmıştır. Işığın aslında parçacıklardan oluştuğunu söyleme konusundaki adımı atan kişi, gerçekte, kendisine Nobel ödölünü kazandıran foto-elektrik etkilerle ilgili çalışmasıyla Albert Einstein olmuştu. Bu parçacıklar daha sonraları fotonlar olarak bilinmeye başlamıştır.

Peki, bir şey aynı anda nasıl hem dalga hem de parçacık olabilir? İki kavramın da bu gerçekliğı tam ifade edemeyeceğı, ışığın bazen bir dalgaymış, bazen de bir parçacıkmiş gibi hareket ettiğı söylenebilir.

Bir ortaçağ keşişinin, ilk defa gittiğı Afrika'dan manastırına geri döndüğünü düşünün. Gezisi sırasında bir gergedanla karşılaşmış ve sonra da bunu, anlattıklarını

şüpheli bakışlarla dinleyen keşiş kardeşlerine tarif etmek gibi bir dertle yüz yüze kalmış olsun. Onların hiçbiri daha önce gergedan gibi ilginç bir yaratık görmediklerinden, keşiş onu benzetmelerle anlatmaya çalışmak zorunda kalacaktır. Gergedan, diyecektir, bazı bakımlardan bir ejdere, bazı bakımlardan bir tekboynuz* benzer. Bunun üzerine hayvanın neye benzediği konusunda, kardeşlerinin gözlerinin önüne makul bir görüntü gelecektir. Oysa, ejder de tekboynuz da doğada mevcut olmadığı halde, gergedan vardır. İşte, bizim kuantum dünyamız da aynen öyledir. Gerçeklik, idealize edilmiş dalgalarla da, idealize edilmiş parçacıklarla da tanımlanmasa bile, bu iki kavram bize, şeylerin bazı yönleriyle gerçekte ne olduklarına dair bir fikir verebilir.

Enerjinin ayrı paketler (ya da kuantalar) şeklinde geldiği düşüncesi, 1913'te Niels Bohr tarafından bütün atomların en

*) Tekboynuz (*unicorn*), mitolojide geçen tek boynuzlu at. (ç.n.)

basiti -hidrojen atomu- ile atom fiziği ve nükleer fiziğin diğer alanlarına uygulanmıştır. Atomların ve moleküllerin içinde ayrı enerji tabakalarının varlığı, astrofizik veya adli bilimler gibi farklı alanlarda rol oynayan spektroskopi dalı için hayati önem taşımaktadır.

Kesinlikten Yoksun Evren

Ancak enerjinin (ve ışığın) kuantumlaştırılmış doğasının kabulü, modern kuantum mekaniğini kuran devrimin sadece başlangıcıydı. 1920'lere, Erwin Schrödinger ile Werner Heisenberg'in çalışmalarına kadar, ışığın parçacık ve dalga olarak taşıdığı ikili doğa tam değerlendirilememişti. Geçmiş yıllarda fotonların varlığı bir süreliğine kabul görmüştü, ancak bunu, ışığın meşhur dalga şeklindeki hareketiyle bağdaştıracak bir yol bulunamamıştı. 1920'lerde ortaya çıkan şey, dalga mekaniği üzerine kurulmuş bir kuantum fiziği kuramıydı. Kuantum kuramının Schrödinger versiyon-

nunda, bütün sistemlerin hareketleri, Schrödinger denklemi denilen bir denklemle uyum içinde işleyen bir dalga-fonksiyona dayanarak tanımlanmıştır. Dalga-fonksiyonu hem uzaya hem de zamana bağlıdır. Maxwell'in elektromanyetizm için yaptığına benzer şekilde, Schrödinger'in denklemi de *dalgaları* tanımlamaktadır.

Peki, *parçacık* davranışı nasıl ortaya çıkar? Bunun cevabı, kuantum dalga-fonksiyonunun elektromanyetik bir alan gibi, uzayda belirli bir noktada mevcut olup zamanla yükselip alçalan fiziksel bir şey olarak tahayyül edilebilecek şeyleri tanımlamadığıdır. Kuantum dalga-fonksiyonu bir *olasılık* dalgasını tanımlar. Kuantum kuramı, dalga-fonksiyonunun sistem hakkında öğrenilebilecek şeylerin tümü olduğu iddiasındadır. Yalnız, verili bir zamanda parçacığın yeri tam bir kesinlikle öngörülemez burada, ancak bir olasılıktan söz edilebilir.

Dalga-parçacık ikiliğinin önemli bir yanı Belirsizlik İlkesi'dir. Bunun fiziğe pek çok yansıması vardır, en basiti de bir par-

acığın konumunu onun hızıyla ilişkilendirmektedir. Heisenberg Belirsizlik İlkesi bir parçacığın konumu ve hızının birbirinden bağımsız olarak bilinemeyeceğini söyler. Hızını iyi biliyorsanız, konumunu iyi bilmiyorsunuzdur ve tersi.. Hızını tam olarak bildiğinizde parçacık herhangi bir yerde olabilir. Söz konusu ilke niceliksel ve yalnızca konuma ya da ivmeye değil, ayrıca enerjiye ve zamana, “birleşik değişkenler” denilen diğer kantite çiftlerine de uygulanır. Enerji-zamana dayalı Belirsizlik İlkesi’nin, özellikle önemli olan bir sonucudur bu; çünkü böylece boş uzay, Belirsizlik İlkesi’nin kontrol ettiği bir zaman cetveli üzerinde varlığın içine girip çıkabilecek kısa ömürlü parçacıklara kaynaklık eder.

Bu olasılıkçı yaklaşımı temel alan yorumlar tartışmaya açıktır. Örneğin, bir ışık demeti içinde birbirine yakın iki yarığa doğru giden parçacıkların olduğu bir sistem düşünün. Bu durum karşısında, dalga-fonksiyonu her iki yarık için işleyen

“olasılık dalgası” nedeniyle bir girişim örneği gösterecektir. Eğer ışın güçlüyse çok büyük sayıda fotondan oluşuyordur. Fotonlar, istatistiksel bakımdan dalga-fonksiyonunca tayin edilen olasılığa uygun olarak, yarıkların arkasındaki perdeye isabet edeceklerdir. Yarıklar bir girişim arz etmeye başladıklarında, perde, dalgaların bazen “faz içinde” birbirine eklendiği, bazen de birbirlerini etkisizleştirdiği parlak ve donuk şerit dizilerinin karışımını gösterecektir. Bu pekâlâ anlaşılır görünüyor, ancak bir de ışık kaynağını kısıtığımızı varsayalım. Işık her seferinde, tek bir fotonun yarıkların içinden geçmesini sağlayacak şekilde kısılabılır. Her fotonun perdeye varışını perde üzerinde tespit etmek mümkündür. Yeterince uzun bir zaman boyunca deney yapılırsa, perde üzerinde bir desen oluşturulabilir. Cihazın içinden aynı anda tek bir fotonun geçmesine izin verilmesine rağmen, perde bir saçak deseni gibi görünmeye devam eder. Bazı bakımlardan kaynaktan yola çıkan her foton bir dalgaya

dönüşmek, yolda kendi kendisiyle girişerek her iki yarığın içinden geçmek ve perdede belirli bir noktaya isabet etmek üzere yeniden parçacığa dönüşmek zorundadır.

O halde bütün bu olan nedir? Açıkça her foton, perdede belirli bir yere isabet ediyor. Bu noktada fotonun konumunu kesin olarak biliriz. Dalga-fonksiyonu bu parçacık için bu noktada ne yapar? Bir yoruma göre (Kopenhag yorumu olarak adlandırılır), dalga-fonksiyonu tek bir noktada yoğunlaştığı için çöker. Bir deney yapıp kesin bir sonucun alındığı her durumda bu olur. Ancak sonuca varılmadan önce doğanın kendisi belirlenimsizdir. Foton gerçekte yarıkların birinin içinden geçmemektedir, “karma” bir durumdadır. Ölçme ediminin kendisi dalga-fonksiyonunu ve böylece gerçekliği değiştirmektedir. Bu durum pek çok kişiyi bilinç ile kuantum “gerçekliği” arasındaki ilişki konusunda spekülasyona sürüklemiştir. Dalga-fonksiyonunun çökmesine sebep olan şey bilinç midir?

Bu bilmecenin ünlü bir ifadesini Schrödinger'in Kedisi paradoksunda bulabiliriz. İçinde bir zehir şişesi bulunan kapalı bir odada bir kedi olduğunu düşünün. Şişe, bir kuantum olayı gerçekleştiğinde, örneğin radyoaktif bir madde parçasından bir alfa-parçacığı yayıldığında, kırılıp kediyi zehirleyecek şekilde bir cihaza bağlı olsun. Eğer şişe kırılırsa ölüm ani olacaktır. Çoğumuz verili bir zamanda kedinin ölü mü diri mi olduğunu söyleyebiliriz. Ama Kopenhag yorumu ciddiye alınacak olursa, nasıl oluyorsa aynı anda iki durum da söz konusudur. Kedi için dalga-fonksiyonu iki mümkün durumun ötesinde bir durum içermektedir. Yalnızca oda açılıp kedinin durumu "ölçüldüğünde" kedi canlı ya da ölü "halini alacaktır."

Kopenhag yorumuna getirilen bir alternatif, ölçüm yapılmasının fiziksel olarak hiçbir şeyi değiştirmediği şeklindedir. Bütün değişen, gözlemcinin bilgi durumundan ibarettir. Eğer dalga-fonksiyonu ψ gerçeklikte neyin gerçek olduğunu değil

de, gözlemcinin neyi bildiğini gösteriyorsa, o zaman bir parçacığın belirli bir konumda bulunduğu bilinmesiyle gözlemcinin bilinç durumunun değişiyor olması bir sorun oluşturmaz. Bu görüşün öne sürdüğü kuantum mekaniği yorumuna göre, bazı düzeylerde şeyler deterministik olabilir; ancak biz öngöründe bulunmaya yetecek kadar bilgi sahibi değiliz.

Bir başka görüş de Çoklu Dünyalar yorumudur. Bu yoruma göre, herhangi bir deney yapıldığında (örneğin her foton yarıklı aygıtından geçtiğinde), evren, gerçekte olduğu gibi, ikiye bölünür. Bir evrende foton sol taraftaki yarıktan geçerken, diğerinde sağ taraftaki yarıktan geçer. Eğer bu her foton için gerçekleşirse, sonuçta devasa bir paralel evren sayısına varılır. Bütün mümkün deneylerin bütün mümkün sonuçları bu bütünün içinde ortaya çıkar. Ancak paralel evren konusuna girmeden önce, hikâyenin gelişimini özetlemekte yarar var.

Görelilik Devrimi

On dokuzuncu yüzyılın görkemli fiziğini paramparça eden ikinci kasırga, Albert Einstein'ın görelilik ilkesini buluşuyla ortaya çıktı. Gerçi görelilik düşüncesinin kaynağı Einstein değildi, hatta bu düşüncenin çıkışı Galileo'ya kadar götürülebilirdi. Galileo *görelî hareketin* önemli olduğunu iddia etmiş, dolayısıyla *mutlak hareket* diye bir şey olamayacağı sonucuna varmıştı. Ona göre, durgun gölde sabit hızla ilerleyen bir teknenin içindeki biri, eğer dünyadan tamamen yalıtılmış bir kamaradaysa, teknenin hareket halinde olduğunu gösterebilecek bir deney yapamazdı. Tabii Galileo zamanında fizikle ilgili bilgiler çok değildi, dolayısıyla onun zihninde canlandırabileceği böylesi deneyler son derece sınırlıydı.

Görelilik ilkesinin Einstein versiyonu, basitçe, görelî hareket halindeki tüm gözlemciler için bütün doğa yasalarının tamamen aynı olması gerektiğini öngörür. Özelde Einstein, bu ilkenin James Clerk

Maxwel tarafından kurulan ve yukarıda anıldığı üzere elektrik yüklü cisimlerin aralarındaki kuvvetleri tanımlayan elektromanyetik kurama uygulanması gerektiğine karar vermişti. Maxwell'in kuramının sonuçlarından birisi, ışık hızının (boşlukta) evrensel bir sabit (genellikle "c" olarak bilinir) olarak ortaya çıktığıydı. Görelilik ilkesini ciddiye almak demek, hareket halinde olup olmadıklarına bakılmaksızın bütün gözlemcilerin aynı c değerini ölçmeleri demektir. İlk bakışta bu çıkarım yeterince açık gibi görünüyordu, oysa sonuçları en azından bir devrim niteliğindedi.

Einstein ışık sinyallerinin değişimiyle ilgili bazı deney türlerinde nelerin gözleneceğiyle ilgili olarak kendine belirli sorular sormaya karar vermişti. Nitekim bu deneyler üzerine epey *gedanken* (düşünce) deneyi yaptı. Örneğin, bir hat boyunca giden bir tren vagonunun ortasında bir flaş olduğunu düşünün. Vagonun her iki ucuna, flaşın her patlayışında üzerine düşen

ışıkla zamanı görebileceğimiz birer saat yerleştirilmiş olsun. Flaş söndüğünde, vagonun içinde oturan biri için ışık sinyali aynı anda vagonun her iki ucuna ulaşacaktır: Saatlerin ikisi de aynı anı gösterecektir.

şimdi de hat üzerinde sabit duran birisi için neler olacağını gözünüzün önüne getirin. Flaştan çıkan ışık bizim referans  er evemiz içinde yolcuların g zlediğiyle aynı hızla gider. Fakat vagonun arka tarafındaki yolcular ışığa doğru giderlerken, öndekiler ışıktan uzaklaşmaktadır. Hattın  zerindeki gözlemci, ışığın arkadaki saate  ndekinden daha önce vurduğunu görecek tir. Fakat gözlemci,  ndeki saate ışık vurduğunda okunan zaman değeri ile arkadaki saate ışık vurduğunda okunan zaman değerinin aynı olduğunu görecek ve sonuçta trendeki saatlerde bir arıza olduğu kanaatine varacaktır.

Bu  rnek eşzamanlılık kavramının göreli olduğunu göstermektedir. Vagon açısından bakıldığında iki flaş ışığının varışı eşzamanlıyken, hattın üzerindeki bir nok-

ta açısından bakıldığında bunlar farklı zamanlarda gerçekleşmiş olaylardır.

Einstein'ın ortaya koyduğu şey, Newton'un hareket yasalarının temellerinin sallantılı olduğudur. Newton iki cisim arasındaki uzaklığa bir kâğıt üzerindelermiş gibi mutlak bir anlam verilebileceğini varsaymıştı. Ayrıca, hareket durumlarına bakılmaksızın bütün gözlemciler için hep aynı zaman değerini gösteren mutlak bir zaman olduğunu da varsaymıştı. Uzak ve zamana dair düşünceler, Newton'un harekete dair üç yasasının içine iyice oturmuştur. Kimin ona baktığı ve ne şekilde hareket ettikleri söylenmeden, bir cismin durağan olup olmadığını söylemek nasıl mümkün olabilir?

Görelilik kuramında, zamanın ve uzayın ayrı olduğunu düşünmek işleri kolaylaştırmaz, çünkü bunlar kendi içlerinde mutlak değildir. Bununla birlikte, bir veçhe olarak zamanı içine katan üç boyutlu uzayın bir tür genelleştirilmesini inşa etmek mümkündür. Dört boyutlu *uzay-zaman* düşüncesi bunu başarmaktadır.

Özel görelilik kuramı dikkate değer bir başarıydı, ama kuramın sahibi Einstein, vardığı bu noktada durmadı. Sonraki on yılını Newton'un Evrensel Çekim yasasını değiştirecek ve böylece dünyanın Newton-cu kavranışını yıkmasına olanak verecek kuramın genelleştirilmesini tamamlamak için çalışmakla geçirdi. Einstein'ın genel görelilik kuramı aslında onun yerçekimi kuramıydı. Özel kuramda somutlanan zamanın göreliliği genel kuramın içindeydi, fakat burada yerçekimine bağlı olarak zamanın genişlemesi ve uzunluğun kısalmasının ilave ettikleri vardı. Yerçekimi uzay-zamanı büküyordu; ışık artık düz çizgiler halinde gitmiyor, hatta zaman içinde yolculuk bile (tamamen matematiksel olarak da olsa) mümkün hale geliyordu.

Genel görelilik kuramının yükselişi başlı başına ilginç bir hikâyedir ve bu serideki bir önceki kitabım olan *Einstein ve Güneş Tutulması** içinde açıklanmıştır.

*) Bkz. Coles, P., *Einstein ve Tam Güneş Tutulması*, çev. Kaan H. Ökten, Everest Yayınları, İstanbul 2000.

Doğanın Dört Kuvveti

Yirminci yüzyılda görelilik ve kuantum mekaniği gibi yeni kuramlar ve deneysel teknolojideki ilerlemelerin olanaklı kıldığı yeni keşiflerle donanmış olan fizikçiler, doğal dünyayı tanımlamak üzere bilimin alanını genişletmenin yollarını araştırmışlardır. Doğal dünyadaki bütün fenomenler doğadaki dört kuvvetin etkileşimiyle açıklanabilir. Tüm maddenin temeli olan elementer parçacıkların birbirleriyle etkileşimi bu dört temel kuvvet aracılığıyla gerçekleşir. Bunların ikisini, yani elektromanyetik ile yerçekimini yukarıda ele aldım. Diğer ikisiyse, yani atom çekirdeklerinin ögeleri arasındaki etkileşimle ilgili olanlar, zayıf nükleer kuvvet ve güçlü nükleer kuvvettir. Dört kuvvet hem farklı güç değerlerine sahiptir (en zayıfı yerçekimi, en güçlüsü nükleer kuvvettir) hem de bu etkileşimlere aracılık eden elementer parçacıklar farklıdır.

Elektromanyetik kuvvet, elektronları

atom çekirdeğinin çevresinde yörüngede tutar ve böylece bütün maddelerin bilinen şekilleriyle bir arada durmasını sağlar. Bununla birlikte, yirminci yüzyılın başlarında Maxwell'in kuramını ayrıntılı bir şekilde atomlara uygulamak üzere, kuantum fiziği ve görelilik düşüncelerinin bir araya getirilmesi gerektiği fark edilmiştir. Dirac'ın çalışmasını temel alan Richard Feynman ve diğerlerinin çalışmalarına kadar, kuantum elektro-dinamiği olarak adlandırılan elektro-manyetik kuvvetin kapsamlı bir kuantum kuramı geliştirilememiştir. Genellikle QED olarak kısaltılan bu kuramda, fotonlar biçimindeki elektro-manyetik ışınım farklı yükteki parçacıklar arasındaki etkileşimleri taşıma işinden sorumludur.

İncelemeye alınan diğer kuvvet, belirli radyoaktif maddelerin bozunumunu sağlayan, zayıf nükleer güçtür. En bilinen örneğini elektronların oluşturduğu ve lepton diye adlandırılan elementer parçacıklar sınıfı bunlardandır. Elektro-manyetikte olduğu gibi parçacıklar arasındaki zayıf güç-

lere, diğ er parçacıklar -fotonlar değı l, bu-
rada W ve Z bozonları diye adlandırılan
küt leli parçacıklar söz konusudur- aracılık
eder. Fotonların küt lesi yoktur, bunun
i in menzilleri uzundur, fakat W ve Z bo-
zonları küt leye *sahiptir* ve bu da menzille-
rini kı saltır; dolayısıyla, zayı f kuvvetin et-
kili atom  ekirdeğ inin kü ücük öl eğ ine
hapsedilmiş tir. Aksi takdirde, W ve Z par-
 acıkları bu bağ lamda fotonların QED’de
oynadıkları rolün aynısını oynarlar. Fo-
tonlarla birlikte bunlar, öl ek bosonları
olarak bilinen ř eylerin ö rnekleridir.

Güç lü nükleer etkileş im (ya da güç lü
kuvvet), atom  ekirdeğ ini oluş turan pro-
ton ve nötronları i eren ve hadronlar ola-
rak bilinen bir baş ka elementer par acık
ailesini i erir. Bu etkileş imlerin kuramı,
kuantum kromodinamiğ i (ya da QCD)
olarak adlandırılır ve temel hatları itibarıy-
la zayı f nükleer etkileş imler kuramınıninki-
lere benzer ř ekilde inş a edilmiş tir. QCD’de
gü ce aracılık edecek bir baş ka öl ek bozo-
nu dizisi mevcuttur. Bunlar gluon olarak

adlandırılır ve W ile Z parçacıklarından farklı bir şekilde etkileşimde bulunurlar. Bunun anlamı, güçlü kuvvetin daha da kısa menzili olduğudur. Sekiz gluon ve QED'deki elektrik yüklenmesine benzer bir rol oynayan -ve "renk" diye adlandırılan- bir adet özellik vardır. Hadronlar tesirli elektrik yüküne sahip ve altı farklı "çeşni"de olan -yukarı, aşağı, garip, meftun, üst ve alt- "kuarklar" seti olarak temsil edilir. Her hadron türü kuark çeşnilerinin farklı bir bileşimidir.

Bu kuramların hepsi kuantum fiziğini Einstein'ın özel görelilik kuramıyla başarılı bir şekilde birleştirir. Son olarak, doğanın bir kuvvetinin de yerçekimi olduğunu hatırlatmalıyız. Yerçekimi ile kuantum mekaniğini matematiksel açıdan uygun şekilde bir araya getiren bir kúram henüz mevcut değildir.

Birleşmeye Doğru

Kuramsal fiziğin başarıları, elektroman-

yetiğın kuantum kuramları ve güçlü ve zayıf nükleer etkileşimlere dair açıklamaların yapılmasıyla son bulmamıştı. Maxwell'in özgün birleştirmesinden esinlenerek, bu üç kuvveti tek bir kuram içinde birleştirmek mümkün olabilir miydi?

Elektromanyetik kuvvetle zayıf nükleer kuvveti birleştiren bir kuram, 1970'te Glashow, Salam ve Weinberg tarafından geliştirildi. Elektro-zayıf olarak adlandırılan kuram, bu iki farklı kuvveti tek bir kuvvetin düşük-enerji görünümüleri olarak ortaya koyuyordu. Parçacıklar düşük enerjiye sahip oldukları ve yavaş hareket ettiklerinde, zayıflığın ve elektromanyetik kuvvetin farklı doğasına maruz kalıyorlardı. Fizikçiler, yüksek enerjide elektromanyetik ve zayıf etkileşimler arasında bir simetri olduğunu düşünmüşlerdi. Elektromanyetik ile zayıf güç, düşük enerjide bize farklı görünür, çünkü simetri kırılmıştır. Şimdi, ucu yukarıda olacak şekilde dik halde tutulan bir kalem düşünün. Düşey halde kalem, hangi yönden bakılırsa bakıl-

sın aynı şekilde görülür. Rastgele bir esinti ya da yakından geçen bir kamyon onun devrilmesine sebep olursa, kalem, eşit olasılıklara sahip herhangi bir yöne düşecektir. Fakat düştüğünde, *belirli* bir istikameti gösteren bir yöne düşmüş olacaktır. Aynı şekilde elektromanyetik ile zayıf nükleer kuvvet arasındaki farklılık, bir tesadüf, yüksek-enerji simetrisinin kırılması sonucunda oluşan bir rastlantı olabilir.

Elektro-zayıf ve güçlü etkileşimler, “standart model” olarak adlandırılan temel etkileşimlerin birleştirilmiş kuramı içinde bir arada bulunur. Bu model aslında elektro-zayıf kuramın iki etkileşimi birleştirmesine benzer şekilde üç etkileşimi birleştiren bir kuram değildir. Fizikçiler, tartışılan üç etkileşimi tek bir kuramda birleştiren ve büyük birleşik kuram ya da BBK (*Grand Unified Theory*) olarak bilinen bir modeli bulmayı umut ediyorlar. Böyle bir birleşik kurama aday pek çok model vardır, ama hangisinin doğru olduğu henüz bilinmemektedir.

Dördüncü temel etkileşim çekimdir ve bunun en iyi kuramı genel göreliliktir. Bu kuvvet, şeylerin birleşik şeması için uygunlaştırma çabalarına son derece dirençli olduğunu kanıtlamaktadır. Bunu yapmanın ilk adımı, kuantum çekimi kuramını oluşturmak üzere, kuantum fiziğini çekim kuramına katmayı içerecektir. Gayretli çabalara rağmen bu henüz başarılmış değildir. Eğer başarılırsa, ardından gelecek hedef, kuantum çekimini büyük birleşik kuramla birleştirmek olacaktır. Stephen Hawking'e göre, "Her Şeyin Kuramı" denilebilecek bu sonuca ulaşmak, Tanrı'nın aklından geçenleri bilmek gibi bir şey olacaktır.

Eksik Halka

Kuramsal fiziğin modern çağını başlatan yerçekiminin, doğanın tüm güçlerinin birleşik kuramının kurulması yolunda daha ileri gidebilmenin önünde bir engel oluşu bana her zaman ironik gelmiştir.

Pek çok açıdan yerçekimi, zayıf bir güçtür. Maddi cisimlerin çoğu, kendi aralarındaki çekimsel güçlerden daha büyük güç düzeyleri olan atomlar arasındaki elektriksel güçler tarafından bir arada tutulurlar. Fakat zayıflığına karşın, yerçekiminin, sanki kuantum kuramı içinde ele alınma girişimlerine direnç gösteren tuhaf bir doğası vardır.

Bugün de geçerliliğini koruyor görünen en iyi yerçekim kuramı, Einstein'ın genel görelilik kuramıdır. Varlıkların ayrı hareket etmekten çok düzgün olmasını istemelerine ve davranışı olasılıksal değil de deterministik olarak tarif etmelerine bakıldığında, Maxwell'in elektromanyetik denklemleri nasıl klasikse, genel görelilik kuramı da aynı şekilde klasik bir kuramdır. Diğer yandan, kuantum fiziği temel bir parçalılığı tarif eder, her şey ayrı paketler ya da kuantalardan meydana gelir. Aynı şekilde, genel göreliliğin denklemleri, evrenin geçmişin belli bir anındaki durumuna dair yeterli bilgiye sahip olunması halinde,

geleceğin belli bir anındaki durumunu tam olarak hesaplamaya izin verir. Dolayısıyla iki kuram da deterministiktir. Öte yandan kuantum dünyası, Heisenberg Belirsizlik İlkesi'nde cisimleşen bir belirsizliğin tahakkümü altındadır.

Tabii ki klasik elektromanyetik kuram pek çok açıdan tamamiyle yeterlidir, fakat ışınım alanlarının çok güçlü olması gibi belirli durumlarda çökmektedir. Bu nedenle, fizikçiler elektromanyetiğin kuantum kuramını ya da kuantum elektrodinamiğini (QED) aramışlar ve nihayet bulmuşlardır. Bu kuram özel görelilik kuramıyla da uyumlu olarak geliştirilmişti, fakat genel görelilik etkileri içermiyordu.

Einstein'ın denklemleri ayrıca hemen her amaç için tamamiyle geçerli görüldüğünden, yerçekiminin kuantum kuramını inşa etmeye girişmek de doğaldı. Einstein'ın bizzat kendisi, her zaman kendi kuramının tamamlanmamış olduğuna ve nihayetinde “daha tam” bir kuramın onun yerini alması gerektiğine inanıyordu. Kla-

sık elektromanyetizmin çöküşüyle bir benzetme yapıldığında, bunun, yerçekimsel alanların çok güçlü ya da uzunluk ölçeklerinin çok kısa olduğu durumlarda gerçekleşeceği ileri sürülebilir. Böylesi bir kuramı inşa etme girişimi şimdiye kadar büyük oranda başarısız olmuştu ve bunun asıl nedeni, Einstein'ın kuramının matematiksel yapısının getirdiği karmaşık teknik sebeplerdi.

“Yerçekiminin kuantum kuramı”nın ihtiyaç duyabileceği bütünlüklü bir çerçeveye benzer bir şey mevcut olmasa da, bazı spekülatif düşünceler vardır. Örneğin, genel görelilik esas itibarıyla bir uzay zaman kuramı olduğuna göre, uzay ve zaman, kuantum görelilik kuramları içinde kuantumlaştırılmak durumundadır. Buna göre, her ne kadar uzay ve zaman bize sürekli ve düzgün görünse de, Planck uzunluğuna (yaklaşık 10^{-33} cm) denk küçük ölçeklerde, uzay daha parçacıksal ve karmaşık, belki de solucan deliği olarak adlandırılan ve yine 10^{-43} saniyelik Planck zamanı-

na denk bir zaman ölçeğinde yeniden kapanan tünellerle bağlanmış kabarcıkların köpüksü topolojisinden oluşmaktadır. Bu aynı zamanda, kuantumlaştırılmış yerçekimsel dalgaların ya da çekimlerin, fotonların kuantum elektrodinamiği kuramında yaptıkları gibi, diğer temel etkileşimlerdeki ölçek bosonlarının rolünü oynayabileceği anlamına gelir. Ancak bu düşüncelerin doğruluğuna dair somut bir kanıt henüz bulunmamaktadır.

Uzunluk ve zamanın kuantum çekimine konu olan küçük ölçekler, bu alanın neden deneycilerin değil de kuramcılarının alanı olduğunu gösterir. Planck uzunluğuna eşit ya da daha küçük bölgelere parçacıkları sokabilecek bir cihaz şimdiye kadar yapılabilmiş değildir. Kuantum fiziği ve yerçekimi bir araya gelince olacak şeylerin ne anlama geleceğini çözme girişimleri, çekimin kendi kuantum doğasını dışavuracak kadar güçlü olduğu bölgeler gerektirir. İşte, Stephen Hawking'in çalışmaları bu ana bölgede yer almaktadır. Ben şimdi, onun

konumlandığı bağlamı tarif ettikten sora, Stephen Hawking'in bu alandaki temel katkılarıyla ilgili kısa bir özet vereceğim.

Karadelikler...

Karadelik, uzay-zamanda çekim etkisinin ışığın kaçamayacağı kadar güçlü olduğu bir bölgedir. Böylesi bir fenomenin var olduğu düşüncesi 1783'e, İngiliz rahip John Mitchell'e kadar dayandırılabilir; fakat karadelikler, genellikle Einstein'ın genel görelilik kuramıyla ilişkilendirilmiştir. Gerçekten de Einstein denklemlerinin matematiksel olarak çıkarsanan ilk kesin çözümlerinden birisi, böylesi bir nesneyi tarif etmektedir.

Karl Schwarzschild, Einstein denklemlerine kendisinin getirdiği ünlü çözümü 1916'da, Einstein'ın kuramının yayınlanmasından sadece bir yıl sonra geliştirmiştir. Kısa süre sonra da Birinci Dünya Savaşı'nda doğu cephesinde ölmüştür. Onun çözümü, maddenin küresel-simetrik dağı-

lîmına tekabül ediyor ve böylece yıldızların matematiksel modelini oluşturmaya temel olabilecek özgün bir tasarı sunuyordu. Ancak kısa sürede, Schwarzschild'in getirdiği çözümün, herhangi bir nesnenin bile kritik bir yarıçapa (bugün Schwarzschild yarıçapı olarak adlandırılmaktadır) sahip olduğu fark edildi. Eğer büyük kütleli bir cisim tam olarak kendi Schwarzschild yarıçapındaysa, o zaman hiçbir ışık cismin yüzeyinden kaçamazdı. Dünyanın kütlesi için kritik yarıçap sadece 1 cm, güneş içinse yaklaşık 3 km.'dir. Dolayısıyla, güneşi bir karadeliğe çevirmek için onu oluşturan maddeyi olağanüstü bir yoğunlukta sıkıştırmak gerekmektedir.

Schwarzschild'in öncü çalışmasından sonra, karadelikler üzerine hararetli araştırmalar yapılmıştır. Bununla beraber, karadeliklerin doğada var olduklarına dair henüz kuşku götürmez bir delil ortaya konmamış da olsa, pek çok astronomik nesnede bulunduğu düşünülmektedir. Örneğin, güneşin kütlesinin yaklaşık 100

milyon katı olan bir karadeligi kuşatan şiddetli çekimsel alan, belirli tipte galaksilerin devasa ışık saçtıkları bir dinamo olarak düşünülmektedir. Galaksilerin merkezine yakın yerlerdeki yıldızların hareketlerine dair daha yakın zamanlardaki gözlemsel çalışmalar, genellikle buna benzer bir kütleye sahip olan karadeliklerle açıklanan çok güçlü kütle yoğunluklarının varlığını göstermektedir. Daha küçük kütlelerin karadelikleri, yıldızların enerji kaynaklarının tükendiği ve kendi içine çöktüğü, hayatlarının sonlarında oluşuyor olabilir. Milyonlarca tondan başlayıp bir gramın altında bir büyüklüğe kadar değişen ölçülerdeki kütlelere sahip karadeliklerin, çok erken zamanlarda, Büyük Patlama'da oluşmuş olması da mümkündür. Bu tür nesneler genellikle ilksel karadelikler olarak adlandırılmaktadır.

Gözlemlenebilir sonuçlar vermeleri bir yana, karadelikler, görelilik kuramının uygulanabilirliği konusunda esaslı sorular da ortaya koymaktadır. Bu kuramda ışığın

kendini kurtaramayışı uzay-zamanın aşırı bükülmesiyle uyumludur. Deliğin etrafındaki uzay bir top içindeymişçesine sarılırsa, ışık, topun yüzeyi boyunca gezinir, fakat kurtulamaz.

...peki, neden o kadar da kara değiller?

Teknik açıdan ele alındığında, “karadelik” terimi aslında bükülmüş nesnelerin çevresinde, uzay-zamanın bükülmesine neden olan ve “olay ufku” diye adlandırılan biçimlere işaret etmektedir. Ufuk, deliğin sınırlarını tanımlar; ufuğun içinde ve dışındaki uzay-zaman bölgeleri arasında herhangi bir iletişim mümkün değildir. Olay ufkunun varlığı, ışığın ve ısımanın diğer biçimlerinin karadeliklerden kurtulmasının mümkün olmamasını sağlar, bu nedenle ona verilen isim de uygundur.

Fakat karadeliklerin bu şekilde kavranışı, Stephen Hawking’in yaptığı hesaplamalar sonucu 1970’lerde çürütülmüştür. Hawking’in ilgisi, yerçekimsel alanların

güçlü olduğu bölgelerde kuantum fiziğinin ne tür sonuçlar vereceğini keşfetmeyi denemeye yönelikti. Bir karadelik bu deneme için iyi bir yerdi. Hawking belirli koşullarda karadelğin ışı nım yayabileceğini göstermişti; hatta, sonunda büsbütün buharlaşacak kadar çok miktarda ışı nım yayabilirlerdi. Karadeliklerin yaydıkları bu ışı nım Hawking ışı nımını olarak bilinmektedir.

Etrafı bir ufukla çevriliyken bir karadelik nasıl ışı nım yayabilir? Hawking ışı nımını ortaya çıkartan neden, aslında bir kuantum sürecidir. Klasik fiziğın tanımlanmış olduğu hiçbir şey bir karadelğin ufkunu aşamaz, fakat bunun kuantum fiziğının işe karıştığı tüm koşullar için geçerli olması şart değildir. Klasik kuralların çiğnenmesi, temel parçacıkların elektromanyetik güçlerce yakalanacaklarının beklen diğ i durumlarda kendilerini kurtarma kabiliyetine sahip olmalarına benzer şekilde, kuantum fenomeninin “tünel açma”yı icap ettirdiğ i daha pek çok durumda gerçekleşir.

Bu, şöyle olur: Bir karadeliğin çevresindeki uzay-zaman bir boşluk olarak düşünülebilir, fakat bu boşluk büsbütün boş değildir. Küçük kuantum düzensizlikleri sürekli oluşmakta ve Heisenberg Belirsizlik İlkesi'yle uyum içinde yok olmaktadır. Bunun anlamı, boşluğun, çok küçük zaman ölçeklerinde ortaya çıkıp bozulan ve sanal parçacıklar diye adlandırılan kısa ömürlü parçacıklarla dolu olduğudur. Bu tür parçacıklar her zaman için parçacık ve anti-parçacık şeklinde oluşurlar.

Madde ve anti-madde bir araya getirildiğinde yok olurlar, böylece parçacık çiftleri, kuantum mekaniğinin tesadüfi doğasının ayrılmalarına izin verdiği kısa süre içinde, yalnızca bir an için var olurlar. Genellikle bir parçacık/anti-parçacık çifti *ex nihilo* olarak (hiçbir şeyden) yaratılır, fakat bu çift asla birbirinden çok uzağa ayrılmadığı gibi, oluşumlarının hemen sonrasında, biri diğeri tarafından yok edilir. Ufukun kenarında minik bir ayrılma bile çok önemlidir. Eğer parçacık çiftindeki parça-

cıklardan biri ufkun içine alınır, öteki parçacık serbest kalırken, içeri alınan parçacık sonsuza kadar yok olur. Nereden bakılırsa bakılsın bu, karadelinin kendi olay ufkundan ışıma yaptığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, delik tamamen kara değildir. Hawking ayrıca, bu esnada karadelinin kütlesinin azaldığını göstermiştir.

Karadelik ne kadar küçükse bu süreç de o kadar etkili olur. Gerçekten de sadece çok küçük karadeliklerin gözlemlenebilir görüngüleri vardır. Karadelinin yüzeyindeki sıcaklık deliğin kütlesiyle ters orantılıdır. Daha küçük kütleye sahip karadelikler büyüklerine kıyasla daha çabuk buharlaşır ve daha büyük bir sıcaklık üretirler. Fakat buharlaşma bütün karadeliklerin kaderidir. Önce yavaş yavaş, fakat kütlelerini azar azar kaybettikçe daha kuvvetli bir şekilde yanarlar. Daha küçülürler, ısıları daha da artar ve kütlelerini daha da hızlı bir şekilde kaybederler. Sonuçta epey küçüldüklerinde, yüksek-enerji parçacıkları sağanağı şeklinde patlarlar.

Bu etki, kimi kuramlara göre evrenin çok erken dönemlerinde oluşan ve ilksel karadelikler diye adlandırılan küçük karadelikler için özellikle önemlidir. Kütlesi 10^{15} gramdan (yaklaşık bir dağın kütlesi kadar) daha düşük olan böylesi nesnelerin herhangi bir tanesi şu an buharlaşıyor olmalıdır ve yaydığı “yüksek-enerji gama ışınları”nın keşfedilmesi ihtimal dahilindedir. Bu yayının henüz gözlemlenememiş olması, bu ilksel nesneleri öngören kuramlara önemli sınırlamalar getirmektedir.

Henüz kimse Hawking ışınlamalarını gözlemleyememiştir; ancak başta şüpheyi karşılanmış olan Hawking’in hesaplamaları, bugün artık, kuantum kuramının maddelerin güçlü çekimsel alanlardaki hareketleriyle ilgili doğru bir uygulaması olarak kabul edilmektedir.

Yerçekiminin Tekil Doğası

Hawking’in hesaplamaları, ufkun yakınlığında, karadelinin köşeleri etrafında mey-

dana gelen bu ilginç şeyleri göstermiştir. Peki, ufkun içinde ne olmaktadır? Roger Penrose ve diğerlerinin ünlü teoremlerine bakılırsa, ortaya çıkan kaçınılmaz sonuç pek de hoş değildir: Bu bir “tekillik”tir.

Matematikte tekillik, belirli bir niceliğin değerinin hesaplama anında sonsuzluğa dönüştüğü patolojik bir durumdur. Çok basit bir örnek vermek gerekirse, büyük bir cismin bir diğer parçacık üzerindeki çekimine bakarak Newtonyen kuvvetin hesaplanmasını göz önüne getirelim. Bu kuvvet iki nesne arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır; ancak aralarında sıfır mesafe olan nesneler arasındaki çekim gücü hesaplanırsa sonuç sonsuz olacaktır. Tekillikler her zaman ciddi matematiksel problemlerin işareti değildir. Bazen basitçe uygunsuz bir koordinatın seçilmesi nedeniyle ortaya çıkarlar. Örneğin bazen, tekilliğe az çok benzeyen bir durum, bildiğimiz atlaslardaki haritalarda ortaya çıkar. Bu haritalar kutupların çok yakınına bakana kadar gayet akla yatkın gö-

r n rler. Standart ekvatoriyel bir projeksiyonda, kuzey kutbu olması gerektiği şekilde, yani bir nokta gibi görünmez; bunun yerine bir noktadan ba layarak haritanın üst kısmı boyunca uzanan düz bir çizgiye kadar yayılır. Ama kuzey kutbuna gidererseniz burada katastrofik bir şey göremezsiniz. Sözü edilen noktanın, koordinat tekilliğinin bir  rneği olarak belirmesi tekillik nedeniyledir ve farklı bir projeksiyon türü kullanmakla giderilir. Bu tür bir tekilliği geçmeye kalktığımızda özellikle tuhaf olan herhangi bir şey olmayacaktır.

Tekillikler, genel görelilik kuramının denklem çözümlerinin sıkıcı d zenliliğinde ortaya çıkarlar. Bunların bazıları yukarıda sözü edilen koordinat tekillikleridir ve çok önemli değildir. Bununla beraber, bir maddenin yoğunluğu ya da ısısı gibi daha iyi biliniyor olması gereken gerçek fiziksel niceliklerin sonsuz çıktığı gerçek tekilliklerin varlığını öngörmesi nedeniyle, Einstein'ın kuramı özgün bir kuramdır. Aynı şekilde, uzay-zamanın bükülmesi de

bazı durumlarda sonsuz olabilir. Bu tekliklerin varlığı, ekstrem yoğunluktaki maddelerin çekimsel etkilerinin kavrayışımız dışında olduğunu gösterir. Bir kuantum çekimi kuramı, fizikçilerin, bir karadeliğin derinliklerinde neler olduğunu bütün matematiksel nicelikler sonsuza dönüşmeden hesaplamalarını mümkün kılabılır. Gerçekten de Einstein'ın bizzat kendisi 1950'de şöyle yazmıştır:

Kuram, çekimsel alan kavramıyla madde kavramının ayrılığına dayanır. Bu, zayıf alanlar için muhtemelen geçerli bir tahmin olabileceken, çok yüksek yoğunluklu maddeler için tamamen yetersiz kalabilir. Bu nedenle, çok yüksek yoğunluklar için denklemler geçerli sayılamayabilir; geçerlilik ancak artık böylesi bir tekilliğin bulunmadığı birleşik bir kuram içinde mümkündür.

Belki de tekilliğin en ünlü örneği, bir karadeliğin merkezinde yatmaktadır. Söz konusu tekilik, Schwarzschild'in tam bir

küresel simetriye sahip delikler için geliştirdiği özgün çözümün içinde ortaya çıkar. Yıllar öncesinde fizikçiler, bu türden bir tekillik varlığının, bu küresel çözümün oldukça yapay olan özel doğasından dolayı ortaya çıktığını düşünmüşlerdi. Penrose'un sözünü etmiş olduğum tekillik kuramlarıyla sonuçlanan bir dizi matematiksel araştırma, tekilliklerin özel bir simetri gerektirmediğini, herhangi bir nesnenin kendi çekimi altında çökmesiyle ortaya çıktığını göstermiştir.

Bu tekillikleri öngörmek için bir benzeşim kurmak gerekirse, genel görelilik ilkesi onları bizden gizlemek için elinden geleni yapar. Bir Schwarzschild karadeliği, onu çevreleyen ve dışarıdaki gözlemcileri tekillik kendisinden etkili bir şekilde koruyan bir olay ufkuyla sarılıdır. Muhtemelen bunun anlamı, genel görelilikteki tüm tekilliklerin bu şekilde muhafaza edildiği ve fiziksel bir gerçeklik olarak "çıplak tekillikler" in düşünölemeyeceğidir.

Big Bang'deki Bug*

Roger Penrose'un karadelik tekilliğinin matematiksel özellikleri konusundaki çalışmaları, bunların bütün evrene uygulanmasıyla ilgilenen genç Stephen Hawking'i çok etkilemişti. Penrose, bir cismin kendi kütle çekiminin etkisiyle çökmesi durumunda, daha sonra neler olacağı üzerine düşünüyordu. Hawking, bu düşüncelerin şu an genişlediği bilinen bir sistemin -örneğin evrenin- geçmişinde neler olduğunu anlama problemlerine uygulanıp uygulanamayacağını öğrenmek istiyordu ve konuyla ilgili olarak Penrose'le temas kurmuş, sonra ikisi birlikte, bugün hâlâ bilin-

*) Burada "arıza", "sorun" anlamında kullanılan *bug* sözcüğünün asıl anlamı böcektir. Ancak gittikçe yaygınlaşan bilgisayar terimlerinden biri olarak "bug", bir bilgisayar programında programcılarının gözünden kaçmış bir hata anlamında kullanılmaktadır. Bilgisayar dünyasında arızaları ifade etmek üzere bu terimin seçilmiş olmasının nedeni, eski dev bilgisayarlarda ortaya çıkan hataların daha çok bilgisayarın içindeki böceklerin yol açtığı zararlardan kaynaklanmasıydı. (ç.n.)

meyen, Big Bang'ın tekilliği problemi üzerine çalışmaya başlamışlardı.

Big Bang, kozmolojistlerin gözlemleri yorumladıkları ve yeni kuramsal yaklaşımlar geliştirdikleri standart kuramsal çerçeveyi sağlamaktadır. Big Bang'i bir "kuram" olarak adlandırmak çok doğru olmaz. Ben onun yerine "model" sözcüğünü tercih ediyorum. Kuram ile model arasında ince bir ayrım vardır; ancak kullanışlı bir tanımlamayla, kuramın genelde içsel bakımdan kendine yeterli olmasının (birtakım uygunlaştırılabilir parametrelere sahip olması gerekmeyen ve bütün matematiksel niceliklerin *a priori* olarak tanımlanmış olduğu) beklendiği, buna karşılık modelin bu açıdan bütünlüklü olmadığı söylenebilir, Big Bang modeline göre, evren yüksek sıcaklık ve yüksek yoğunluğun olduğu ilksel bir durumdan ortaya çıkmıştır ve hâlâ genişlemektedir. Big Bang'in dinamikleri, matematiksel olarak Einstein'ın genel görelilik kuramı denklemleriyle tanımlanmıştır. Bu modeller sıcaklığın ve

yoğunluğun sonsuz olduğu ilk başlangıç anında bir tekilliğin varlığını öngörür. Bu olay, modelin doğasını en iyi ifade eden öge olduğundan, çoğu insan da “Big Bang” terimini evrenin sonraki evrimini ifade etmek için değil de ilk başlangıç anlamında kullanılır.

Kozmolojistlerin çoğu Big Bang tekilliğini, genellikle yukarıda ele alınan karade-lik tekilliğiyle aynı şekilde, yani ekstrem fiziksel koşulların olduğu evrenin erken dönemine dair bazı noktalarda Einstein denklemlerinin iflas etmesi anlamında yorumlarlar. Eğer gerçek buysa, evrenin genişlemesinin erken safhalarını anlamamanın tek umudu kuantum çekim kuramıdır. Elimizde böyle bir kuram olmadığından, Big Bang henüz tamamlanmış değildir. Fakat bunun nasıl gerçekleştiğine dair zaman ve uzunluk ölçekleri tahmin edilebilir. Evren anlayışımız, Big Bang’in kendisinden yaklaşık 10^{-43} saniye sonrasına eşit olan Planck zamanından önceki zamanlar için tamamen iflas etmiştir.

Bu sonuçlar, Big Bang için neden “ku-ram” yerine “model” teriminin tercih edildiğini herhalde açıklayacaktır. Evrenin ilksel koşullarının bilinmemesi, kozmolojistlerin bazı temel sorulara -örneğin, evren sonsuza kadar genişleyip duracak mı, yoksa birdenbire yeniden çökecek mi, gibi- hâlâ cevap veremeyişlerinin nedenini oluşturmaktadır.

Bir kozmolojik modelin temel çerçevesi içinde, laboratuvar deneyimlerinden bilinen, ya da kuramsal düşüncelere dayanılarak var oldukları kabul edilen fizik yasaları, evrenin genişlemesinin değişik safhalarının fiziksel koşullarını çıkarsamakta kullanılabilir. Bu yolla evrenin termal tarihi ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Geçmişin içinde bir sonraki adıma ilişkin tahminimiz, evren ne kadar ısınırsa, o kadar egzotik bir fizik kuramının gerektiğidir. Temel parçacıklar ve temel etkileşimler fiziğinin elindeki bilgilerle kozmolojistler, evrenin şu anki yaşını (15 milyar yıl civarındadır) ve yaklaşık bir mikrosaniyelik bir

zamanda Big Bang'te neler olduğunu akla yatkın bir güvenilirlikle tahmin etmektedirler. Büyük birleşik kuramlar dahil olmak üzere laboratuvarlarda test edilmemiş daha spekülatif bir fizik kuramı kullanıldığında, kozmolojistler, modeli ilk başlangıcın 10^{14} saniyesine sıkıştırmayı, böylece bilinen çerçevenin saflık ve genişliğini arttırmayı da denemişlerdir. Bu çalışmaların arasında, geliştirilmesinde Hawking'in kendisinin de rol oynadığı dikkat çeken bir görüş, "kozmik şişme" denen bir model ortaya çıkaran, evrenin belki de hızlandırılmış bir genişleme evresinden geçtiği düşüncesidir.

Bu kuram, en yüksek enerjiler konusunda fizik bilgimizde var olan eksikliklere rağmen, ilkesel olarak yaygın bir kabul görmüştür, çünkü asıl olarak aşağıdaki şu üç gözleme bir açıklık getirmektedir:

i) 1929'da Hubble tarafından keşfedildiği üzere, evrenin genişliyor oluşu.

ii) Kozmik mikrodalga arkaplan ışını-

mının (Penzias ve Wilson tarafından 1965'te keşfedilen, evrenin ilksel sıcak evresinin kalıntısı) varlığı.

iii) İlksel ateştopunda nükleer füzyon tarafından üretilen hafif kimsayal elementlerin, hidrojen, helyum ve lityumun bolluğu.

Sonsuzluklarda Temizlik

Evrenin ilk başlarında bir tekilliğin varoluşu, Big Bang modeli açısından kötü bir haber sayılabilir. Karadelik tekilliğinde olduğu gibi, bunda da ısının ve yoğunluğun hakikaten sonsuz olduğu gerçek bir tekillik söz konusudur. Buna göre Big Bang, bir karadelik oluşturan çekimsel bir çökmenin, zamanda tersine dönmüş bir türü olarak düşünülebilir. Çoğu fizikçi, başlangıçsal kozmolojik tekilliğin, Schwarzschild çözümünde olduğu gibi, Big Bang modeline temel oluşturan Einstein denklemlerinin özel biçimlere sahip çözümlerinin sonucu olabileceğini düşünmüşlerdi, ancak bugün bunun geçerli olmadığı artık bilini-

yor. Hawking ve Penrose, Penrose'un özgün karadelik teoremlerini, bir tekillik çok genel ve kesin koşullarda genişleyen bir evrenin geçmişinde bir sabit olarak var olduğunu gösterecek şekilde genelleştirmişlerdi. Fizik kuramı, nahoş sonsuzlukların boy verdiği Big Bang anında tamamen başarısız kalıyordu.

Peki, böylesi bir tekillikten kaçınmak mümkün müdür? Ve mümkünse, nasıl? En büyük olasılık, başlangıç anındaki kozmolojik tekillik, klasik genel görelilik kuramına dayanılarak -ama aslında bu kuramın geçerli olmadığı bir durumda- yapılan çıkarsamaların bir sonucu olarak ortaya çıktığıdır. Bu tam olarak, Einstein'ın yukarıda aktarılan paragrafta karadelikleri tartışırken söylediği şeydir. İhtiyaç duyulan şey, kuantum çekimi kuramıdır, ancak elimizde böyle bir kuram mevcut değildir. Elimizde böyle bir kuram bulunmadığı için de onun, evrenin aniden patolojik bir şekilde doğuşuna dair bilmeceyi çözüp çözemeyeceğini bilemiyoruz.

Klasik genel görelilik kuramındaki başlangıç anı tekilliklerinden, kuantum etkilerine başvurmaksızın sakınmanın yolları vardır. Evrenin ilk döneminde, Hawking ve Penrose tarafından ilan edilen koşullara uygun olmayan şekilde hareket eden bir madde tasarlamak suretiyle tekillikten sakınmaya çalışılabilir. Bu koşulların en önemlisi, “kuvvetli enerji koşulu” diye adlandırılan, maddenin yüksek enerjideki hareketine dair bir sınırlamadır. Bu sınırın gerçekten aşıldığı çeşitli yollar vardır. Söz konusu koşul, özellikle kozmik şişme kuramında öngörülen hızlandırılmış genişleme süresince ihlal edilir. Başlangıç sırasında bu koşulun ihlal edildiği modellerde, bir tekillikten çok bir “sıçrama”dan söz edilebilir. Saat geriye doğru işletildiğinde evren minimum genişliğe varır ve sonra yeniden genişler.

Sakınılabilir olsun olmasın, tekillik, cevaplanmamış bir soru olarak kalır; aynı şekilde Big Bang’in en erken dönemlerini, Planck zamanından öncesini tarif edip

edemeyeceğimiz sorusu da, en azından bütünlüklü bir kuantum çekim kuramı geliştirilene kadar cevaplanmamış kalacaktır.

Zaman ve Uzay, Aynı Ama Farklı

Evrenin başlangıcında bir tekilliliğin varlığı, yaratılış anındaki uzayın ve özellikle zamanın temel doğasıyla ilgili sorular ortaya çıkarmaktadır. Burada zamanın gerçekte ne olduğuna dair net bir açıklama yapmak iyi olur. Herkes zamanın *ettikleriyle* ve olayların ardışık bir düzende meydana gelme eğilimiyle ilgili bir fikir sahibidir. Bir olayı takip eden diğer bir olayı açıklamak için, değişmez bir şekilde sebep-sonuç zincirini kullanırız. Fakat bu basit fikirlerin ötesine geçmeyi beceremeyiz. Nihayetinde, zamanın ne olduğu konusunda söylenebilecek en iyi şey, her koşulda onun saatle ölçülebilen bir şey olduğudur.

Einstein'ın görelilik kuramı Newton'un mutlak uzay ve mutlak zaman kavramlarını temelinden yıkmıştır. Uzamsal üç boyut

ve bunlara ek olarak parçacıkların hareketlerine ya da deneycilere bakılmaksızın değişmez ve mutlak olarak ele alınan bir zaman boyutu yerine, görelilik fiziği bunları uzay-zaman denilen dört boyutlu bir yapı içinde bir araya getirir. Bu kuramlarda zaman ve uzay pek çok açıdan matematiksel eşitlikler olarak ele alınabilir. Genelde iki olay arasındaki zaman aralığını ölçerken farklı gözlemciler farklı sonuçlar elde ederler, fakat dört boyutlu uzay-zamanda söz konusu zaman aralığı hep aynı ölçülür.

Bununla birlikte, Einstein'ın kuramsal girişimlerinin başarısı, hepimizin günlük deneyimlerimizden bildiği üzere, zaman ve uzayın özünde farklı olduğu gerçeğini gizleme eğiliminde yatmaktadır. İstediğimiz gibi kuzeye veya güneye, doğuya veya batıya gidebiliriz, ama zaman içinde yalnızca ileri doğru, yani geleceğe gidebiliriz; geriye doğru, yani geçmişe gidemeyiz. Farklı uzamsal meknlarda yer alan Londra ve New York'un aynı verili an içinde var

olduklarını bilmek bizi mutlu eder. Ancak hiç kimse şimdiki zamanın şu an var oluşu gibi, 5001 yılının da şu an var olduğunu söyleyemez. Aynı şekilde şu an yaptığımız şeylerin gelecekte birtakım sonuçlar yaratacak olması fikri hoşumuza gider, fakat aynı an içinde biri diğerinin sebebi olan iki farklı yeri tahayyül edemeyiz. Uzay ve zaman gerçekten de son derece farklı şeylerdir.

Kozmolojik bir düzlemde bakıldığında, Big Bang kendisini kesin olarak önceden öngörülen bir doğrultuya sahip olarak gösterir. Fakat onu tanımlayan denklemler yine zaman-bakışımıdır. Evrenimiz daralmaktan çok genişlemektedir, ancak çöküyor da olabilir ve bu durumda yine aynı yasalarla açıklanabilir. Ya da zamanın gözlemleyebildiğimiz bu doğrusallığı, evrenin geniş ölçekteki genişlemesince tayin ediliyor olabilir. Eğer sonunda genişlemesi duracak ve büzülmeye başlayacak olan kapalı bir evrende yaşıyorsak, bu büzülme evresinde zamanın da geri işlemeye başla-

yacağı şeklinde bir spekülasyon, Hawking ve başkaları tarafından yapılmıştır. Oysa böyle bir şey gerçekleşirse, daralan ve zamanın geriye işlediğı evren ile genişleyen ve zamanın ileri doğru işlediğı evren arasındaki farkı ifade edemeyiz. Hawking bir süre için bunun mümkün olabileceğini varsaymış, ancak sonradan fikir değiştirmiştir.

Diğer ve biraz daha soyut bir problem, Einstein'ın kuramının tamamen dört boyutlu oluşundan ileri gelir (ki buna göre, parçacığın uzay-zamandaki hareketinin bütün tarihini gösteren hayat çizgisinin tamamı, bu kuramla hesaplanabilir). İki parçacığın aynı an içinde farklı yerlerde oluşu gibi, bir parçacık da farklı anlarda olabilir. Bu, özgür irade anlayışımızla kesinlikle bağdaşmaz. Geleceğimiz dediğimiz şey halihazırda gerçekten var mıdır? Şeyler gerçekten bu şekilde önceden belirlenmiş midir?

Bu sorular görelilik kuramıyla ya da kozmolojiyle sınırlı değildir. Fizik kuramlarının çoğu, farklı uzay konumları arasın-

da olduğu gibi, geçmiş ile gelecek arasında da simetriktir. Zamanın asimetrisinin anlaşılmasının bu kuramlarla nasıl uzlaştırılabileceği sorusu derin bir felsefi bilmece-
dir. Fiziksel kuramın bazen “zaman oku” diye ifade edilen bu sorunu ele alan en az iki dalı daha vardır.

Bunlardan biri, doğrudan her yerde geçerliymiş gibi görünen ve termodinamiğin ikinci yasası diye bilinen fiziksel bir ilke-
den çıkar. Bu ilke, kapalı bir sistemin “ent-
ropi”sinin hiçbir zaman azalmayacağını ifade eder. Entropi, bir sistemin düzenliliğinin ölçüsüdür ve bu yasa bir sistemin düzensizlik derecesinin her zaman artma eğilimi taşıdığı anlamına gelir. İkinci Yasa “makroskobik” bir ifadedir ve buhar maki-
neleri gibi büyük şeylere dairdir; fakat ista-
tistiksel mekaniğin sağladığı enerji durum-
larının ve atomların mikroskobik tanımla-
nışından ortaya çıkar. Bu mikro-durumları yöneten yasaların tümü zaman içinde geri-
ye yürütülebilir. O halde nasıl olur da bir zaman oku ortaya çıkabilir?

Termodinamiğin klasik yasalarına benzeyen yasalar, genelde çekimsel alanlardaki karadeliklerin özelliklerini açıklamak üzere de geliştirilmiştir. Bununla birlikte, çekimsel alanlarla ilişkilendirilmiş entropinin tam olarak tanımlanması zordur; bu yasalar zaman okunun çökmekte olan bir evrende bile baki kaldığını gösterir gibidir. İşte bu nedenle, Hawking tersine çevrilen zaman düşüncesinden vazgeçmiştir.

Zamanın okuyla ilgili bir diğer problem, yine zaman-bakışımı olan, ancak dalga-fonksiyonunun bir deney yapıldığında çökmesi gibi tuhaf fenomenlerin meydana geldiği kuantum mekaniğinin içinden çıkar. Dalga-fonksiyonları bunu zamanın yalnızca bir istikametinde yapmak için belirir, diğer istikametinde değil; ancak yukarıda değindiğim gibi, bu, muhtemelen kuantum mekaniğinin kendisinin yorumlanmasından ortaya çıkan kavramsal bir problem olabilir.

Sınırsızlık Varsayımı

Uzay ve zaman Big Bang'in çok uzaklarında, düşük enerji dünyasında yaşayan bizler için son derece farklı kavramlardır. Peki bu, zaman ve uzayın her zaman farklı olduğu anlamına gelir mi? Ya da bir "çekimin kuantum kuramı"nda bunlar gerçekten aynı olabilir mi? Klasik görelilik kuramında uzay-zaman, uzayın üç boyutu ile zamanın bir boyutunun birbiriyle kaynaştırılmış olduğu dört boyutlu bir yapıdır. Fakat uzay ve zaman hâlâ tamamiyle eşdeğer şeyler değildir. Hawking'in Jim Hartle'la birlikte geliştirdiği kuantum kozmolojisiyle bağlantılı bir düşünceye göre, zamanın kendine has damgası, çekimsel alan çok güçlü olduğunda silinebilir. Bu düşünce sanal sayıların ustaca bir kullanımına dayanır. (Sanal sayılar, eksi birin karekökü olan bütün i sayılarının katsayılarıdır.) Zamanın doğasının bu şekilde kurgulanması, Hawking ve Hartle'a göre kuantum kozmolojisinin "sınırsızlık hipote-

zi”nin bir parçasıdır. Bu kuramla birlikte, zaman kendisini uzaydan ayıran karakteristik özelliklerini yitirmekte, zaman içinde bir başlangıç kavramı anlamsız hale gelmektedir. Uzay-zaman böylece sınırsız olmaktadır. Big Bang yoktur, tekillik yoktur, çünkü zaman yoktur, sadece uzayın bir başka doğrultusu vardır.

Bu Big Bang anlayışında yaratılışa yer yoktur, çünkü yaratılış sözcüğü zımnen bir “önce ve sonra”yı içerir. Zaman yoksa, evrenin başlangıcı da yoktur. Big Bang’den önce ne olduğunu sormak Kuzey Kutbu’nun daha kuzeyinde ne olduğunu sormaya benzer. Anlamsız bir soru olur.

Hemen şunu vurgulamak gerekir ki, sınırsızlık varsayımı bütün kuantum kozmolojistlerince benimsenmemiş, başlangıcı (ya da başlangıcın yokluğunu) anlamının başka yolları da önerilmiştir. Örnek vermek gerekirse, Rus fizikçi Alexander Vilenkin, kuantum kozmolojisinin, sınırlı bir yaratılış içerecek ve evrenin hiç yoktan kuantum tünellemesi yoluyla ortaya çıktı-

ğını ifade edecek şekilde farklı bir tarzda ele alınmasını önermiştir.

Herşeyin Kuramı

Ben bu metinde, Hawking'in sürece yaptığı birkaç katkısı, kuantum fiziği ile çekim kuramını kaynaştırmayı hedefleyen, ancak henüz tamamlanmamış birkaç girişimi açıklamaya çalıştım sadece. Sözü edilen ve benim açıklamaya çalıştığım bu girişimler, çoğu fizikçi tarafından bilimin nihai amacı olarak görülen, doğanın bilinen bütün kuvvetlerinin matematiksel yasalarının tek bir denkleme (belki de tişörtünüzün üstüne yazabileceğiniz bir denkleme) indirgenerek yazılması yönünde atılmış bir adımdır.

Doğanın yasaları olarak da adlandırılan fizik yasaları, doğa bilimlerinin temel araçlarıdır. Bunlar, yukarıda sözü edilen temel etkileşimlere göre cisimlerin (temel parçacıklar olarak) ve enerjinin hareketini tanımlayan matematiksel denklemleri

kapsar. Bazen laboratuvarda elde edilen deney sonuçları ya da doğal fiziksel süreçlere dair gözlemler bu verileri açıklayacak matematiksel kuralların çıkarsanmasında kullanılır. Diğer durumlarda, bir kuram öncelikle bir hipotez ya da bir fizik kuralının sonucu olarak yaratılır ve sonraki aşamalarda deneyle onaylanır. Bilgilerimiz geliştikçe farklıymış gibi görünen fiziksel kurallar tek bir birleşik kuram haline gelir. Yukarıda verilen örnekler, geçen yaklaşık yüz yıllık süre içinde bu temanın ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Ancak burada bütün bu faaliyetler katmanının altında derin felsefi sorular yatmaktadır. Örneğin fizik yasaları evrenin erken dönemlerinde farklıydıysa ne olacaktır? Böylece bir durumda bu çalışma sürdürülebilir mi? Bu soruya cevaben modern fizik kuramlarının fiziğin yasalarının değiştiğini aslında öngördüğü söylenebilir. Örnek vermek gerekirse, Big Bang'in en erken dönemlerine gidildiğinde zayıf etkileşimlerin ve elektromanyetiğin doğası deği-

şir ve yüksek enerjilerden tam ayırt edilemez hale gelir. Ancak yasadaki bu değişimin bizzat kendisi, elektrozayıf kuramı diye bilinen bir başka yasa tarafından yönetilir. Muhtemelen bu yasanın kendisi de büyük birleşik kuramların önceliğinin olduğu ölçeklerde değişime uğramıştır; böylece yeniden evrenin başlangıcına geri dönmek de mümkün olur.

Buna karşılık fizikçiler, temel kuralların Big Bang'den itibaren bütün zamanlara uygulanabileceğini varsaymak durumundadırlar. Söz konusu temel kuralların yalnızca düşük enerji sonuçları zaman içinde değişmektedir. Bu kestirimde bulunmak, fizikçilere, gözlemlerle büyük bir çelişkiye düşmeden evrenin termal tarihinin tutarlı bir açıklamasını yapma olanağı vermektedir. Böylece söz konusu kestirimi kanıtlanmış olmamakla birlikte akla yatkın bir hale gelmektedir.

Bir başka önemli sorular dizisi, matematiğin fizik kuramındaki yeriyle ilgilidir. Doğa gerçekten matematiksel midir? Ya da

kurallar, acaba evreni birkaç kâğıt parçası üzerinde tanımlayabilmemizi sağlamak üzere bir tür steno olarak tasarladığımız şeyler midir? Fiziğin kurallarını keşif mi ediyoruz, yoksa onları icat mı ediyoruz? Fizik basitçe bir harita mıdır, yoksa başlı başına bir bölge midir?

Fiziğin yasalarıyla bağlantılı olarak, uzay ve zamanın ilk başlangıcına dair derin bir mesele daha vardır. Kuantum kozmolojisinin bazı versiyonlarında, örneğin bunların fiziksel evrenden önce var olduğu haliyle fiziksel yasaların varlığının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım evrenin ilk dönemleriyle ilgilenen pek çok fizikçiyi, gerçekte var olan şeyin madde ve enerjinin fiziksel dünyasından çok, Herşeyin Kuramı'nın (henüz bilinmeyen) matematiksel denklemleri olduğunu söyleyen yeni-Platoncu bir felsefeye götürmüştür. Diğer yandan, bütün kozmolojistler bu yolu izlememişlerdir. Daha pragmatik bazı kurgulara göre, fizik yasaları evrenimizin kullanışlı bir tanımıdır ve önemleri de kul-

lanışlı oluşlarından ileri gelmektedir.

Bir “Herşeyin Kuramı”, çekimi içermek için fizik yasalarının daha ileri bir birleşmesinden oluşacaktır. Bu nihai kuramın önündeki temel engel, iç tutarlılığa sahip bir kuantum çekimi kuramının yokluğudur. Böylesi bir kuram inşa edilmeden diğer temel etkileşimlerle birleştirilemez. Herşeyin Kuramı’nı oluşturmak için, süpersimetri ve sicim kuramı (ya da süpersicim kuramı denilen her ikisinin bir bileşimi) gibi egzotik düşünceler dahil olmak üzere pek çok girişimde bulunulmuştur. Geriye kalan, “büyükten daha büyük” bir bileşimin imkân dahilinde olup olmadığını görmektir.

Bununla birlikte, bir “Herşeyin Kuramı”nı oluşturma arayışı ilginç felsefi sorular da ortaya çıkarmıştır. Aralarında Hawking’in de olduğu bazı fizikçiler, Herşeyin Kuramı’nın inşasını, bazı bakımlardan Tanrı’nın aklından geçenleri okumak ya da en azından fiziksel gerçekliğin gizli sırlarının çözülüşü olarak görmüşlerdir. Ba-

zıları ise fizik kuramının bir haritadan çok, basitçe gerçekliğin bir *betimlenişi* olduğunu iddia etmişlerdir. Bir kuram, öngörüde bulunmak ve gözlemler ya da deneylerin sonuçlarını anlamak açısından elverişli olabilir, ama bundan fazlası değildir. Şu anda çekim için elektromanyetizmde ya da zayıf nükleer etkileşimlerde kullandığımızdan daha farklı bir harita kullanıyoruz. Bu belki sıkıcıdır, ama bir felaket değildir. Herşeyin Kuramı basitçe tek bir harita olacaktır, farklı koşullarda kullanılacak bir farklı haritalar seti değil. Bu ikinci felsefe pragmatiktir. Haritaları niçin kullanıyorsak, kuramları da aynı nedenle işe yaradıkları için kullanırız. Ünlü Londra Metrosu haritası kesinlikle kullanışlıdır, ancak fiziksel gerçekliğin tam olarak doğru bir temsili değildir. Ayrıca öyle olmak zorunda da değildir.

Bunun yanında, nereden bakılırsa bakılsın, bir “Herşeyin Kuramı”na getirilen açıklamanın doğasından şüphe edilmelidir. Kuram, örneğin neden başka bir kura-

ının değil de Herseyin Kuramı'nın böyle olduğunu nasıl açıklayacaktır? Sanırım problemlerin en büyüğü budur. Kuantum kuramının kendisi öngörülemez bir niteliğe sahipken, kuantum mekaniğine dayanan herhangi bir kuramın her yönüyle tamamlanmış olması mümkün müdür? Bunun da ötesinde, matematiksel mantıktaki gelişmeler, matematiğe dayalı herhangi bir kuramın tamamiyle i bütünlüğe sahip olup olamayacağı konusunda şüpheler yaratmıştır. Mantıkçı Kurt Gödel, tamamlanamazlık teoremi olarak bilinen ve herhangi bir matematiksel kuramın her zaman için, kuramın kendi içinde kanıtlanamayan ögeler içereceğini gösteren bir teoremi kanıtlamıştı.

Hawking Mercek Altında

Peki, Hawking'in fizikteki ve toplumdaki rolünü değerlendirmede nasıl bir noktaya varmış olduk?

Altı izilmesi gereken ilk nokta (ki ben

bunu herhangi bir şekilde Hawking'e ve onun başarılarına saygısızlık etmeden söylüyorum), onu Einstein ve Newton'la kıyaslamamanın yakışıksız olduğudur. Adı geçen bu isimler, bilimde gerçek bir devrimin ateşini tutuşturmuş, kendilerine has farklı biçimlerle felsefi değişimler yaratmış ve böylece kültürü derinden etkilemişlerdir. Hayal gücümüzü ne kadar zorlarsak, zorlayalım, Stephen Hawking kendi alanına köklü değişiklikler getirmiş değildir. Onun çalışmalarının çok parlak olduğunu söylemek daha doğru bir saptama olacaktır. Vardığı sonuçlar, evren üzerine yapılmakta olan çalışmalara önemli yeni yaklaşımlar kazandırmıştır. Hawking, yeni matematiksel teknikler geliştirmiş ve bunları daha önce kimsenin uğraşmadığı problemlere uygulanmıştır. Haklı olarak günümüzün en yetkin kuramcılarından biri olarak gösterilmektedir. Ancak, kamuoyunda sahip olduğu imaj, fizik biliminin tarihinde sahip olduğu yerle doğru orantılı değildir.

Elinizdeki kitabın büyük kısmı Hawking'in çalışmalarının arka planına ayrılmıştır. Dolayısıyla bu metinde büyük fizikçilerin çoğunun adı geçmiştir. Aralık 1999'da *Physics World* dergisi, dünyanın bazı önde gelen fizikçilerinden bu alana en önemli katkılarda bulunmuş beş büyük fizikçiye belirtmelerinin istendiği bir anketin sonuçlarını yayınlamıştı. En üst sırada 119 oyla Einstein yer alıyor ve onu 96 oyla Newton takip ediyordu. Maxwell (67), Bohr (47), Heisenberg (30), Galileo (27), Feynman (23), Dirac (22) ve Schrödinger (22) ilk onun içinde yer almıştı. Ankete yanıt veren 130 kişiden yalnızca biri Stephen Hawking'i listesine almıştı. Einstein, Newton ve Galileo'yu bir tarafa bırakırsak, Hawking'ten daha çok oy alan bu isimlerin hiçbiri aşına olunan isimlerden değildir.

Kuşkusuz, Hawking'le ilgili olarak göz önünde bulundurulması gereken çok açık bir faktör daha vardır. İnsanlıktan nasibini almış hiç kimse, onun görünüşüne sempati duymamazlık, yürekliliği ve dirayetine

hayranlık duymamazlık edemez. 1962 yılında doktorlar, hastalığıyla ilgili kontroller sonrasında ona iki yıl ömür biçmişlerdi. Şu anda 1999 yılındayız, Hawking 57 yaşında, hâlâ çalışıyor ve hâlâ verimli bir bilim araştırmacısı. Bu son derece çarpıcı bir durumdur, ancak içinde bulunduğu kötü duruma gösterilen anlaşılabilir insani tepkinin, onun bu kadar ünlü bir medya starı olarak ortaya çıkışını açıklamaya yetebileceğini düşünmüyorum.

Stephen Hawking fenomeninin kökenine dair bazı ipuçlarını Albert Einstein'ın kariyerine bakarak bulabiliriz. Einstein'ın entelektüel başarıları, sıradan insanların kavrayışlarının ötesindeydi, ancak bu onun dünya çapında bir medya yıldızı olmasını engellemedi. *Einstein ve Tam Güneş Tutulması* adlı kitabımda, Einstein örneğinde medyanın onu nasıl aralıksız biçimde bir entelektüel ile sıradan bir insanı ayıran dev uçurumun öte yakasına yerleştirdiğini, insanların ise ona din adamlarına gösterilen türden bir saygıyla davrandığını

açıklamıştım. İnsanlar onun ne yaptığını tam anlamıyor olmayı pek umursamadılar, ama Einstein'ın kendilerinden daha akıllı olduğuna inanmaktan hep hoşlandılar.

Ben aynı sürecin Stephen Hawking örneğinde de yaşandığına inanıyorum. Hawking gündelik hayatın çok uzağındaki bir alanda çok çalışıyor ve birçok genelgeçer fikre aykırı kavramlarla uğraşıyor. *Zamanın Kısa Tarihi* kitabının inanılmaz sayıda satması, kendi başına Hawking'in düşüncelerinin yaygın olarak anlaşıldığını gösteren bir delil değildir. Hatta ben, kitabı alanların büyük çoğunluğunun onu okuduğundan bile şüpheliyim. Ancak bir bütün olarak Hawking'in sahip olduğu imaj, bilimsel çalışmalarının "öteki-dünya işleri"nden olduğu düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Konuşurken kullandığı tuhaf suni ses bile, ona evrenin sırlarından söz eden bir cins kâhin rolü atfetmektedir. Konuşabilmek için kullandığı bilgisayar, seri bir şekilde konuşmasını zorlaştırmaktadır çünkü. Kendisi bu nedenle, ortadaki gizem duygu-

sunu da arttıracak, tuhaf, vecizeli bir üslûp geliştirmiştir. Havadan sudan ya da herhangi bir sıradan konuşmada yer alması da onun için zordur. Hawking konuştuğunda sadece dinlersiniz, sözünü kesmezsiniz.

Einstein ile Hawking'in kozmik din adamlığının terfi edişleri arasında yaklaşık olarak yetmiş yıl vardır. Arada benzerlikler olduğu kadar farklılıklar da görülmektedir. Einstein radyo ve televizyon çağından önce ünlü olmuştu. Kitle iletişiminin temel aracının gazete olduğu Einstein'ın dönemine kıyasla, günümüzde medya araçlarına çok daha hızlı bir şekilde ulaşılabilir. Günümüzde medyaya anında erişilmesi, daha çok ses getirme ve daha çok yankı uyandırmanın yanı sıra, bir kişinin ya da olayın öneminin, gerçek konumunun yitirilmesi noktasına kadar çarpıtılması ve abartılması eğilimini de doğurmuştur.

Bir diğer değişme, teknolojinin Einstein'ın döneminde hayal edilemeyecek kadar gelişmiş olmasıdır. Yalnızca kitle iletişimi

değil; nükleer güç, ileri elektronik, bilgisayar teknolojisi, biyoteknoloji ve tıp da son yüzyıl içinde çarpıcı şekilde gelişmiştir. Teknoloji birçok açıdan, kısmen iyi yönde, kısmen toplum üzerinde olumsuz etkiler yaratacak şekilde, yabancılaşıma ve kızgınlık yaratarak da hayatımızı değiştirmiştir. Bugün, gündelik hayatımızı, ürettiği teknoloji aracılığıyla etkileyen bilimin bu yönüne karşı hissedilir bir tepki vardır. Örneğin, bir nükleer fizikçi ya da genetik yapısı değiştirilmiş yiyecekler üzerine çalışan bir biyologun, Hawking'in mazhar olduğu türden bir ilgiyle ödüllendirilmesi mümkün görünüyor mu? Ben bunun mümkün olmadığını düşünüyorum. Hawking'in düşüncelerinin gündelik dünyamızdan bu kadar uzak oluşu, onun bilimsel çalışmalarını tehditkâr olmaktan çıkarmaktadır.

Tanrı'nın Aklından Geçenler

Newton'dan bu yana fizikte yaşanan gelişmelere dikkatle bakıldığında, bilimin sı-

nırlarının tespit edilmesi yönünde bir mücadele olduğu görülecektir. Bu sürecin bir kısmı bilimsel yöntemlerin, geleneksel olarak metafiziğin ya da dinin sahası olarak görülen alanları işgal etmesi şeklinde geçmiştir. Bu çekişme içinde, Hawking'in "Tanrı'nın aklından geçenleri bilme" ifadesi, söz konusu sınır ihlalinin yalnızca bir örneğidir. Fakat Tanrı kartını oynamakla Hawking, doğrudan doğruya "birdin-adamı-olarak-bilim-adamı" olmanın çekiciliğine başvurmuş ve böylece kendi ününün ateşini zekice körüklemiştir.

Ben mizacım itibariyle dindar bir kişi değilim, ama Hristiyanlık hakkında bildiklerim, belirli bir din bağlamında ele alındığında, "Tanrı'nın aklından geçenleri bilme"nin en iyi ihtimalle anlamsız, en kötü ihtimalle de zındıklık olduğunu anlamaya yeterlidir. Ancak Hawking'in kendisi, Hristiyan Tanrısına benzer herhangi bir şeye inanmadığını sıkça söylemektedir. Gerçekten de, kendisinin tekil-matematiksel bir "Herşeyin Kuramı" içinde tüm yön-

leriyle tarif edilmiş olan sınırsız (ve bu nedenle başlangıcı ve sonu olmayan) bir dünya düşüncesinde bir yaratıcıya kesinlikle yer yoktur. Bununla birlikte Hawking, Herşeyin Kuramı keşfedilirse, bu kuramın “tam olarak evrenin neden var olduğunu bilmemizi” sağladığı kadar, “evrenin bir anlamı olup olmadığını ve evrenin içinde bizim rolümüzün ne olduğu”nu da açıklayacağına inanmaktadır. Hawking, doğanın bütün yasalarını içeren matematiksel bir kuramın, dinin ve metafiziğin yerini alabileceğine inanmaktadır. Ancak evrenle ilgili felsefi sorular, kaçınılmaz bir şekilde matematiğin çerçevesi içinde cevaplanamayacak bazı soruları da davet etmektedir. Belki de ancak Herşeyin Kuramı geliştirildiğinde, fizikçiler bu kuramın sözü edilen amaca ulaşmak açısından yeterli olmadığını fark edebileceklerdir. Ondan sonra kozmolojistler, muhtemelen şimdiye kadarkinden daha tatmin edici bir şekilde, kendi alanlarının metafiziksel temellerini araştırmaya başlayacaklardır.

EK OKUMALAR



Stephen Hawking'in bilimsel çalışmalarıyla ilgilenen herkesin başvurabileceği temel kitap, kendisinin popüler kitabıdır: Hawking, S.W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York (1988).

Daha teknik bir düzeyde konuyu ele alan ve kozmolojiyle astrofiziğin çeşitli yönleriyle ilgili makaleler de içeren bir derleme için bkz. Hawking, S.W., *Black Holes and Baby Universes and Other Essays*, Bantam Books, New York (1993).

Stephen Hawking'in hayatı ve çalışmalarıyla

ilgili görsel malzemelerle desteklenmiş iyi bir inceleme şu eserde bulunabilir: McEvoy, J.P. ve Zarate, O., *Introducing Stephen Hawking*, Icon Books, Cambridge (1999).

Stephen Hawking'in görelilikçi kozmoloji ve kuantum çekimi konusunda yaptığı üç temel katkı, bilimsel teknik literatürde çok sayıda makalede ele alınmıştır. Karadelik buharlaşması üzerine yaptığı çalışmayla ilgili kullanışlı bir özgün kaynak için bkz. Hawking, S.W., *Black Hole Explosions?*, Nature, 248, 30 (1974).

Roger Penrose'un tekillik teoremlerinin Big Bang'e uygulanması şu eserde tartışılmaktadır: Hawking, S.W ve Penrose, R., *The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology*, the Royal Society of London, A314, 529 (1970).

Sınırsızlık varsayımı da dahil olmak üzere kuantum kozmolojisi için şu kaynağa bakılabilir: Hartle, J.B. ve Hawking, S.W., *The Wave Function of the Universe*, Physical Review D., 28, 2960 (1983).

Einstein'in genel görelilik kuramı ve bir medya karakteri olarak ortaya çıkışını basit ana hatlarıyla ele alan şu çalışmaya bakılabilir:

Coles, P., *Einstein and Total Eclipse*, Icon Books Cambridge (1999).

Einstein'ın kuramıyla ve karadelikler gibi çeşitli sonuçlarıyla ilgili giriş niteliğindeki en iyi kaynak olarak, Kip Thorne'nun şu nefis kitabına bakılabilir: Thorne, K.S., *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*, W.W. Norton and Co., New York (1994).

"Herşeyin Kuramı" araştırmalarıyla ilgili yetkin ve çok iyi yazılmış bir eser için bkz. Barrow, J.D., *Theories of Everything*, Oxford University Press, Oxford (1991).

Modern kozmolojistlerin felsefi ve dinsel iddialarına karşı yazılmış, ilginç tarihsel ve bilimsel yaklaşımlarla bezenmiş kuvvetli bir polemik için bkz. Jaki, S.L., *God and Cosmologists*, Scottish Academic Press, Edinburgh (1989).

Paul Davies, modern fiziğin doğasının, evrende hayatın olmasına olanak veren bazı formlara işaret ettiği fikrini öne süren bir fizikçidir. Pek çok kitabı içinde konuyla ilgili olanı için bkz. Davies, P.C.W., *The Mind of God*, Penguin, Londra (1993).



Temel Parçacıklar

Maddelerin temel yapıtaşları temel parçacıklar olarak adlandırılır. Modern parçacık kuramı kütle ve elektrik yükü gibi özelliklerine bakarak bu parçacıkları çeşitli türlere ayırır.

Doğada bulunan bütün parçacıklar, görelilik olarak az sayıda temel birimin bileşiminden oluşur. Bu temel birimlere örnek vermek gerekirse, atom çekirdeğinde bu-

lunan ağır parçacıkları (protonlar ve nötronlar) oluşturmak üzere çeşitli şekillerde bir araya gelen kuarklar bunlardandır; atomun çekirdeği etrafındaki yörüngede dönen elektronların bir örneğini oluşturduğu leptonlar da bunlardandır. Atomik maddenin kararlılığına karşın kuarklar ve leptonlar yalnızca akseleratör deneylerinde görülen yüzlerce kararsız parçacığı oluşturmak üzere farklı şekillerde birleşirler.

Belirtilmesi gereken bir diğer nokta, her parçacığın (ister kuarkların, ister leptonların bir bileşimi olsun) ona karşılık gelen, eşit miktarda (ama ters işaretli elektrikle yüklü) bir kütleye sahip olan bir anti-parçacığı olduğudur. Bir parçacık ile bir anti-parçacık bir araya geldiğinde bir radyasyon patlaması halinde imha olurlar. Kuarklar ve leptonlar bozon adı verilen kuvvet-taşıyıcı parçacıkların aracılık ettiği etkileşimler sayesinde birbirleriyle birleşirler. Yüklü parçacıklar arasındaki kuvvet elektromanyetik kuvvettir ve bu kuvveti taşıyan bozon fotondur. Leptonlar W ve Z bozonları-

nın aracılık ettiği zayıf nükleer kuvvet yoluyla birbirleriyle ve diğer maddelerle etkileşime girerler. Kuarklar gluon adı verilen bozonların aracılık ettiği güçlü etkileşimler yoluyla birbirleriyle etkileşime girerler.

Big Bang

Big Bang, evrenin standart bir resmini ve nasıl geliştiiini ifade etmek üzere Sir Alfred Hoyle tarafından ortaya atılan özgün bir terimdir. Halen genişlemekte ve soğumakta olan evren geçmişte daha sıcak ve daha yoğundu. Genişliyor oluşu, bütün uzayı kaplayan kalıntı ışınım ve ilksel nükleer fırında pişmiş hafif atomların izi sayılabilecek nicelikler, evrenin yüksek-enerji evresine dair ipuçları sunar. Big Bang'in erken evreleri, parçacık kozmolojistleri tarafından doğanın temel kuvvetlerinin karakterleri üzerinde çalışmak için kullanılır. Big Bang modeli bir tekillik nedeniyle uzayın ve zamanın çok erken dönemleri için çöker. Bu yüzden ciddi bir çe-

kilde eksiktir ve Çekimin Kuantum Kuramı kurulmadıkça da eksik kalacaktır.

Birleşik Kuramlar

Yirminci yüzyıl boyunca gelişen fizik, birleşik kuramların alanına giren gittikçe daha çok sayıda farklı fenomen ortaya çıkarmıştır. Bu programdaki ilk büyük adım, James Clerk Maxwell tarafından elektromanyetik kuramını oluşturmak üzere, elektrik ve mekanik kuramlarının birleştirilmesidir. Bu kuramların bugünkü durumuna göre, elektromanyetizm ve nükleer kuvvetler tek bir matematiksel formül dizisi içinde tarif edilebilmektedir. Fizikçiler henüz bu işleme tabi olmamış, eksik olan bir kuvveti -çekimi- kurama dahil etmeyi ummaktadırlar; fakat bu kuvvet kendisini dahil etme girişimlerini şimdiye kadar bertaraf etmiştir. Çekim kuramla birleştirilebilirse (ya da birleştirilebildiğinde) ortaya çıkan sonuç “Herşeyin Kuramı” olacaktır.

Görelilik

Einstein yirminci yüzyılın başlarında bir dizi anıtsal makaleyle (1905'te özel görelilik kuramının yayımlanmasıyla başlayıp, 1915'te genel görelilik kuramının yayınlanmasıyla sona eren) görelilik kuramını geliştirmiştir. Görelilik kuramı bir uzay ve zaman kuramıdır. Söz konusu kuram, Newton mekaniğinin bu iki kavrama atfettiği mutlak anlamları fiziken ayıklamıştır. Einstein iki kavramı ayrı ayrı ele almak yerine uzay-zaman olarak bilinen tek bir bileşik kavram (eğrilebilen ve bükülebilen) olarak ele almış; böylece görelilik, Newton'un çekim yasalarının yerine, kütlenin varlığı nedeniyle uzayın eğrilebildiği bir kuram getirmiştir.

Karadelikler

Karadelikler uzay-zamanda, çekimin, ışığın kaçıp kurtulamayacağı kadar güçlü olduğu bölgelerdir. Karadeliklerin doğada bulundukları düşünülmektedir, ancak on-

larla ilgili var olan deliller var olmalarını gerektiriyorsa da, bunlar halen tâli delillerdir. Karadelikler kuramcılara, Einstein'ın genel görelilik kuramının kuantum mekaniğinin ilkeleriyle uygunlaştırılmasının sonuçlarını keşfetmeyi deneyebilecekleri doğal bir test ortamı sunmaktadır. Kuantum etkilerinin karadeliklerin ışımasını mümkün kıldığını, böylece karadeliklerin tamamen kara olmadıklarını gösteren Hawking olmuştur.

Kuantum Kuramı

Kuantum kuramı çok küçük ölçeklerde maddenin davranışını tanımlar. Kuantum kuramı aslında iki farklı görüş içerir. Bunların ilki maddenin ve enerjinin düzenli dağılmadığı *kuanta* adı verilen ayrı paketler içinde bulunduğudır. Diğer görüş ise bu kuantanın davranışının -Newton'un kuramındakinden farklı olarak- öngörülemez olduğu, yalnızca olasılıklarının hesaplanabileceğidir.

Kuantum Çekimi

Bizi Herşeyin Kuramı'na götürecek olan akıl yürütme zincirindeki “eksik halka”, genel görelilik kuramı ile kuantum mekaniğiyle ilgili düşünceleri bir araya getirecek olan matematiksel bir tanımlamadır. Böylesi bir kuramı bulmak üzere çok fazla çaba harcanmış olmasına karşın, pek çok girişim müthiş matematiksel zorluklar nedeniyle sonuçsuz kalmıştır. Yalnızca birkaç özel durumda çekim ile kuantum kuramı makul bir şekilde bir araya getirilebilmiştir.

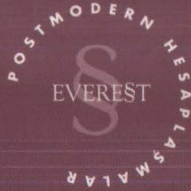
Newton Mekaniği

Sir Isaac Newton'un *Principia* (1686) adlı ünlü eserinde ortaya koyduğu hareket kuramıdır. Bu kuram, arka planda mutlak bir zaman ve mutlak bir uzaya denk düşen kuvvetlerin etkisi altında bulunan nesnelerin, katı bir şekilde deterministik olan hareketlerini tanımlayan bir dizi matematiksel yasa içermektedir. Newtoncu mekanik

yirminci yüzyılın başlarında gerçekleşen deneysel ve kuramsal gelişmelerle aşılandık, bilim adamlarının fiziksel dünyayı tanımlarken kullandıkları kuram olarak iki yüzyılı aşkın bir süre hüküm sürmüştür.

Tekillikler

Tekillik, bir kuramın -bazı niceliklerin sonsuz çıkması nedeniyle- matematiksel denklemlerin çöktüğü uzay-zamandaki bir nokta ya da bölgedir. Big Bang modelindeki evrenin kökeni olarak bir karadeliğin merkezi, genel görelilik kuramı içindeki böylesi bir tekilliğe örnek oluşturur. Penrose ve Hawking tekilliklerin doğası ve ortaya çıkışlarıyla ilgili çok sayıda teoremi kanıtlamışlardır. Einstein'ın kuramında tekilliklerin var oluşu, genel görelilik kuramının henüz tamamlanmamış olduğuna işaret etmektedir. Big Bang'de ya da karadeliklerdeki devasa yoğunluklara sahip maddelerin mahiyetlerini ortaya koyabilmek için bir Çekimin Kuantum Kuramı gerekmektedir.



**Postmodern Hesaplaşmalar,
milenyumdan psikanalize,
kuantum kuramından kaçıklık
kuramına kadar bir dizi
temayı işleyen bir seridir. Bu
kitapların her biri çağdaş
düşüncenin keskin ucunda
duran anahtar bir fikri ele
almakta ve yirmi birinci
yüzyıl düşüncesinin
temellerini atmış
paradigmatik düşünür
beyinlerin yaklaşımları
anlaşılabilir bir dille ortaya
konulmuştur.**

16-829-2



9 783733 168298